

Family list

8 family members for:

JP11045225

Derived from 5 applications.

- 1 Bus manager and control apparatus for multifunction device having said bus manager**
Publication info: EP0893766 A2 - 1999-01-27
EP0893766 A3 - 2003-12-10
- 2 BUS MANAGEMENT DEVICE AND CONTROLLER FOR COMPOUND EQUIPMENT HAVING THE SAME**
Publication info: JP3524337B2 B2 - 2004-05-10
JP11045225 A - 1999-02-16
- 3 Bus management using logic-based arbitration among bus access requests**
Publication info: US6438635 B1 - 2002-08-20
- 4 Bus management based on bus status**
Publication info: US6499076 B2 - 2002-12-24
US2002007431 A1 - 2002-01-17
- 5 Bus management based on bus status**
Publication info: US2002059491 A1 - 2002-05-16

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide**BEST AVAILABLE COPY**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BUS MANAGEMENT DEVICE AND CONTROLLER FOR COMPOUND EQUIPMENT HAVING THE SAME

Patent number: JP11045225

Publication date: 1999-02-16

Inventor: DATE ATSUSHI; FUJIWARA TAKASHI; MAEDA TADA AKI; YOKOYAMA NOBORU; KATO KATSUNORI

Applicant: CANON INC

Classification:

- international: G06F13/362; G06F13/16; G06F13/36

- european:

Application number: JP19970200570 19970725

Priority number(s):

Also published as:

EP0893766 (A2)

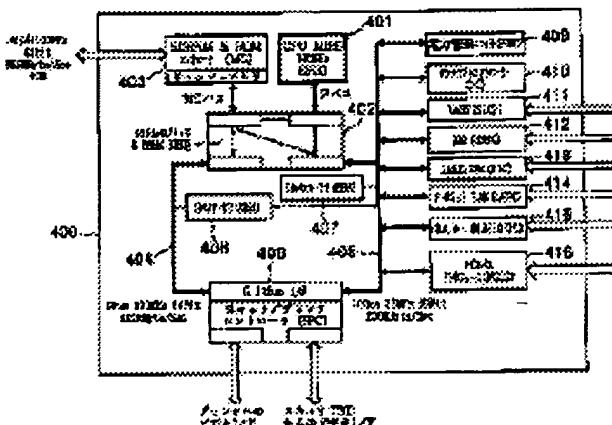
US6438635 (B1)

EP0893766 (A3)

Abstract of JP11045225

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently process a large amount of data such as image data.

SOLUTION: A P bus from a CPU 401 a MC bus from a system memory, an IO bus to which input/output equipment is connected and a G bus for transferring image data of a printer controller 408 are connected to a system bus bridge (SSB) 402. The SSB 402 connects one of the P bus, G bus, and IO bus as a master and one of the MC bus and IO bus at a master's request. At this time, the P bus and IO bus, and G bus and MC bus can be connected in parallel. Consequently, access to the memory by the scanner printer controller is possible in parallel to the use of the input/output equipment by the CPU.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51)Int.Cl.⁶G 0 6 F 13/362
13/16
13/36

識別記号

5 1 0
5 2 0
5 3 0

F 1

G 0 6 F 13/362
13/16
13/365 1 0 D
5 2 0 C
5 3 0 B

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 60 頁)

(21)出願番号

特願平9-200570

(22)出願日

平成9年(1997)7月25日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 伊達 厚

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 藤原 隆史

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 前田 忠昭

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 大塚 康徳 (外2名)

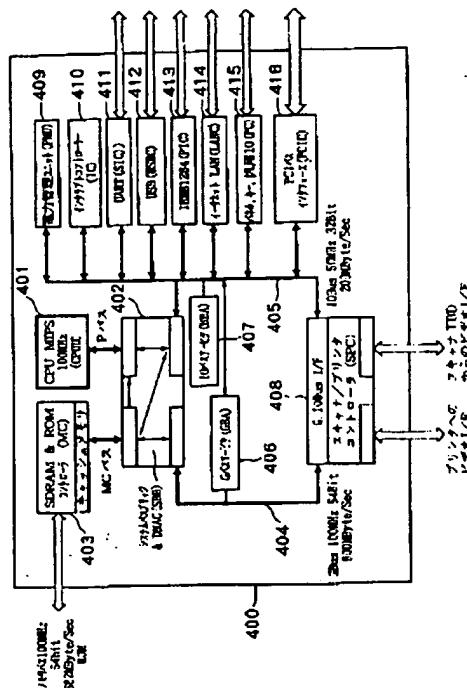
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 バス管理装置及びそれを有する複合機器の制御装置

(57)【要約】

【課題】画像データ等、大量のデータを効率良く処理する。

【解決手段】システムバスブリッジ(SSB)402には、CPU401からのI/Oバス、システムメモリからのMCバス、入出力機器が接続されたI/Oバス、スキャナプリンタコントローラ408の画像データを転送するGバスが接続され、SSB402は、マスターとしてPバス、Gバス、I/Oバスのいずれか、スレーブとしてMCバス、I/Oバスのいずれかをマスターの要求に応じて接続する。この際 PバスとI/Oバス、GバスとMCバスは、並列に接続することができる。そのため、CPU401による入出力機器の使用と並行して、スキャナプリンタコントローラによるメモリのアクセスを行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つのバスと、該バスに接続された複数のバスマスターと、前記複数のバスマスターそれぞれに対してバス使用権の付与の開始条件と終了条件とを記憶する手段と、前記複数のバスマスターからバスの使用要求があると、前記条件にしたがって前記複数のバスマスターのバス使用権の付与を開始し、終了するバス調停手段とを備えることを特徴とするバス管理装置。

【請求項2】 前記複数のバスマスターの順序を記憶する第2の記憶手段を更に備え、前記バス調停手段は、前記順序と前記開始条件とを満足したバスマスターにバス使用権の付与を開始し、バス使用権を与えられており、前記終了条件を満足したバスマスターのバス使用権の付与を終了することを特徴とする請求項1に記載のバス管理装置。

【請求項3】 優先順次モードと完全順次モードとを表すモード設定手段を更に備え、前記バス調停手段は、優先順次モードにおいては、前記記憶手段にバス使用権の付与の開始条件と終了条件とが記憶されたバスマスターを、それ以外のバスマスターに対して優先的にバスの使用権を付与し、完全順次モードにおいては、前記記憶手段にバス使用権の付与の開始条件と終了条件とが記憶されていないバスマスターに対してはバスの使用権を付与しないことを特徴とする請求項1または2に記載のバス管理装置。

【請求項4】 少なくとも4つのバスと、前記バスに接続されたバスマスターと、前記バス同士の接続を、前記バスのそれぞれに接続されたバスマスターのバスの要求に応じて切り替える切り替え手段とを備えることを特徴とするバス管理装置。

【請求項5】 前記少なくとも1つのバスの内のひとつにはメモリが、他のバスにはそれぞれ少なくとも1つのバスマスターが接続されていることを特徴とする請求項4に記載のバス管理装置。

【請求項6】 前記バスは、メモリに接続されたバスと、プロセッサに接続されたバスと、入出力機器に接続された少なくとも2つのバスを含み、前記切り替え手段は、プロセッサに接続されたバスと入出力機器に接続されたバスとかかの接続要求を調停することを特徴とする請求項5に記載のバス管理装置。

【請求項7】 前記切り替え手段は、前記メモリに接続されたバスと前記入出力機器に接続された一方のバスと、前記プロセッサに接続されたバスと前記入出力機器に接続された他方のバスとのそれぞれを、並列的に接続することを特徴とする請求項6に記載のバス管理装置。

【請求項8】 前記切り替え手段は、前記プロセッサからのメモリあるいは入出力に対する接続要求と、前記入出力バスそれぞれからメモリに対する接続要求とを調停し、バス同士の接続を切り替えることを特徴とする請求

項6に記載のバス管理装置。

【請求項9】 画像データの入力及び出力をを行う画像入出力機器を制御する制御部を更に備え、該制御部は、前記入出力機器に接続された2つのバスに接続され、選択的にいずれかを用いることを特徴とする請求項4に記載のバス管理装置。

【請求項10】 それぞれにバスマスターを備えた少なくとも2つのバスと、

前記バスを介してアクセスされるメモリと、前記バスそれぞれに接続され、当該バスのバスマスターによるバス要求を調停し、そのいずれかにバス使用権を付与する調停手段と、

前記バスそれぞれについてバス使用権を付与された複数のバスマスターが同一のあて先に書き込みを行う場合、それらバスマスターのうち、もっとも早くバス要求を出したバスマスター以外のバスマスターに対するバス使用権を停止させるよう、前記調停手段に対して通知するバス同期手段とを備えることを特徴とするバス管理装置。

【請求項11】 前記バス同期手段は、前記各バスのバスマスターがバス要求を出した時刻を記憶し、バス要求とともに指定されたアドレスを比較して一致した場合には前記記憶された時刻を比較し、もっとも速い時刻のバス要求でないバス要求を出したバスマスターを停止させることを特徴とする請求項10に記載のバス管理装置。

【請求項12】 それがバスの調停手段を有する少なくとも2つのバスと、前記バスに接続されたバスマスターと、前記バスの状態と、前記バスマスターから出されるバス要求の情報を判定し、前記バスのうちいずれを使用するか決定する決定手段とを備えることを特徴とするバス管理装置。

【請求項13】 前記バス要求の情報には、バス要求の優先度とデータの転送先と転送サイズとを含み、前記バスの状態には、各バスの使用状態を含み、前記決定手段は、要求された前記転送先と転送サイズとが許されるバスがひとつの場合にはそのバスを使用するものと決定し、複数ある場合には、転送速度の速い方のバスを優先的に使用するよう決定することを特徴とする請求項12に記載のバス管理装置。

【請求項14】 単一の半導体基板上に形成されてなることを特徴とする請求項1乃至13のいずれかに記載のバス管理装置。

【請求項15】 連続したロケーションへのデータ転送を行うバーストモードを支援するメモリと、

前記メモリの前段にあって、該メモリと交換されるデータを一旦蓄積するキャッシュメモリを備えたメモリ制御手段とを備え、

前記メモリ制御手段は、前記メモリへのデータ転送がバーストモードであればキャッシュを介さずに直接前記メモリへデータを転送し、シングルモードであれば一旦キ

キャッシュにデータを書き込むようキャッシュメモリを制御することを特徴とするメモリ管理装置。

【請求項16】連続したロケーションへのデータ転送を行うバーストモードを支援するメモリと、前記メモリの前段にあって、該メモリと交換されるデータを一旦蓄積するキャッシュメモリを備えたメモリ制御手段と、

前記メモリへアクセスする複数のバスマスターとを備え、前記メモリ制御手段は、前記メモリへのデータ転送をしようとするバスマスターに応じて、キャッシュを介さずに直接前記メモリへデータを転送するか、一旦キャッシュにデータを書き込んでメモリへデータを転送するか制御することを特徴とするメモリ管理装置。

【請求項17】前記メモリ制御手段は、前記バスマスターの識別子と、それに対応して、キャッシュを介さずに直接前記メモリへデータを転送するか、一旦キャッシュにデータを書き込んでメモリへデータを転送するかの別を記憶する再書き込み可能なテーブルを備えることを特徴とする請求項16に記載のメモリ管理装置。

【請求項18】前記メモリは、シンクロナスDRAMであることを特徴とする請求項15乃至17のいずれかに記載のメモリ管理装置。

【請求項19】前記メモリ制御手段は、単一の半導体基板上に形成された電気回路であることを特徴とする請求項15乃至18のいずれかに記載のメモリ管理装置。

【請求項20】制御部により制御された複数の回路ブロックを含む電気回路の消費電力を制御する電力管理装置であって、

各ブロックの動作状態を監視する状態監視手段と、動作状態にあるブロックの消費電力を加算する加算手段と、加算された電力を所定の閾値と比較し、閾値を超えたことを前記制御部に通知する通報手段とを備えることを特徴とする電力管理装置。

【請求項21】前記通報手段は、前記閾値として互いに異なる複数の値を有し、各閾値ごとの比較結果に応じて、通知を行うことを特徴とする請求項20に記載の電力管理装置。

【請求項22】経過時間を測定する計時手段を更に備え、前記通報手段は、前記通知を行ってから、各ブロックの動作状態が変わらないまま所定時間経過すると再度通知を繰り返すことを特徴とする請求項20または21に記載の電力管理装置。

【請求項23】前記閾値は、前記制御部により書き換えられることを特徴とする請求項20に記載の電力管理装置。

【請求項24】請求項1乃至14のいずれかに記載のバス管理装置を備え、該バス管理装置により、画像入力装置及び画像出力装置が接続されたバスを管理することを特徴とする複合機器の制御装置。

【請求項25】請求項15乃至19のいずれかに記載のメモリ管理装置を備えることを特徴とする複合機器の制御装置。

【請求項26】請求項20乃至23のいずれかに記載の電力管理装置を備えることを特徴とする複合機器の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スキャナ等の画像入力装置と、プリンタ等の画像出力装置とを効率的に制御する複合機器の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、スキャナなどの画像入力装置と、プリンタなどの画像出力装置を組み合わせた、複写機やファクシミリ、あるいはそれらを単体として備えたコンピュータシステムなどが実用化されている。こういったシステムでは、画像データを扱うために、膨大な量のデータを効率的に処理する必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】こういったシステムにおいては、データ転送のために複数のバスマスターによるDMA転送が用いられる。複数のバスマスターが順次に処理を行うことが必要な場合、例えば、メモリ上のデータに対して、処理A(バスマスター1)を行った後、処理B(バスマスター2)を行い、その処理後のデータをバスマスター4に送るといった一連の処理を考える。

【0004】通常このような処理を行う場合、それぞれバスマスターが、メモリからデータをリードし、処理後のデータをメモリに書き戻すというDMA機能があれば、ソフトウェアはまず、バスマスター1に対して処理Aを行うようにDMAをセットする。バスマスター1はすべての処理を終了後、プロセッサに対して割り込みを上げ、処理の終了を行いうようにDMAをセットし、処理の終了後、今度はバスマスター4に対してメモリからデータをリードするようにセットを行う。このように一連の処理を行うためには、ソフトウェアによりひとつの処理が終了したのを確認してから次の処理をスタートさせるというように処理を行っていく必要があった。

【0005】このようにこれまでにそれぞれの処理を行う度にソフトウェアが介入する必要があり、また処理毎にいちいちメモリに書き戻してやる必要があり、無駄な処理が多いという第1の問題があった。

【0006】また、大量のデータを扱うために、单一のバスではバスの転送能力がボトルネックとなっていた。これを解消するために、バスを2重化して転送能力の増強を図ったシステムもあった。

【0007】しかしながら、複数のバスを有するシステムであっても、バスの構成が柔軟でなく、大量のデータを転送する場合などには、十分な転送能力が引き出されていなかつたという第2の問題点があった。

【0008】また、従来のバスは单一であるのが普通であり、複数のバスマスターが同一のメモリアドレスに書き込みを行おうとした場合、バス使用権を獲得した順にメモリヘデータを書き込むことが保証できた。

【0009】しかしながら、複数のバスが存在し、これらのバスのバス調停（アービトレーション）と、複数のバスのどれかひとつのバスをメモリへ接続することを独立に制御するシステム構成では、複数のバスの接続された複数のバスマスターが同時に同一のメモリ空間へ書き込みを行う可能性があり、書き込みの順序は、バスの調停によりバスの使用権を得た順序とはならない可能性があるという第3の問題点があった。

【0010】更に、データを効率的に処理するために、従来キャッシュメモリの使用が行われている。

【0011】しかしながら従来のキャッシュ制御は、転送先メモリのアドレス情報を基にキャッシュのオン／オフが行われていた。このため、大量のデータをキャッシュ許可のメモリ空間に転送すると、この大量のデータがキャッシュされ、すべて新たなデータで書き換えられてしまい、他のデバイスがメモリにアクセスする場合にはキャッシュミスとなる可能性が高い。これはキャッシュの容量を増やせば解決するかに見えるが、それは大幅な製造コストの上昇につながる。また、特に、プリント時などには、読み出された大量の画像データはそのままプリンタエンジンに渡されてそのデータがキャッシュされたとしても2度と使用されることはない。このようにむやみにキャッシュすることは、逆にキャッシュヒット率を低下させることになる。このように、キャッシュを効率良く利用することができない場合があるという第4の問題点があった。

【0012】さらに、複数のバスを用いたシステムでは、複数のバスを使用できるバスマスターは、どのバスを使用するか決定する必要がある。従来はアクセスする相手先が決まればそれに応じてバスも決定していた。

【0013】しかしながら、使用するバスが相手先に応じて固定されているため、各バスの転送速度や使用率等を考慮した効率的なバスの使用が行えないという第5の問題点があった。

【0014】さらに、このようなシステムをひとつの中規模チップに集積すると大量の熱が発生し、パッケージが熱で破壊されるおそれがあるという第6の問題点があった。

【0015】本発明は上記第1の問題に鑑みてなされたもので、処理毎のソフトウェアの介入が必要なく全体としての処理速度を向上させるバス管理装置及びそれを有する複合機器の制御装置を提供することを第1の目的とする。

【0016】また、本発明は上記第2の問題に鑑みてなされたもので、バスの構成を柔軟にし、最適なバスを選んでデータの転送を行えるバス管理装置及びそれを有す

る複合機器の制御装置を提供することを第2の目的とする。

【0017】また、本発明は上記第3の問題に鑑みてなされたもので、複数のバスのそれぞれに接続されたバスマスターからのバスの使用権を得た順にメモリにアクセスできるバス管理装置及びそれを有する複合機器の制御装置を提供することを第3の目的とする。

【0018】また、本発明は上記第4の問題に鑑みてなされたもので、キャッシュの使用効率を向上させるメモリ管理装置及びそれを有する複合機器の制御装置を提供することを第4の目的とする。

【0019】また、本発明は上記第5の問題に鑑みてなされたもので、各バスマスターが使用するバスを動的に決定してバスの効率を向上させたバス管理装置及びそれを有する複合機器の制御装置を提供することを第5の目的とする。

【0020】また、本発明は上記第6の問題に鑑みてなされたもので、回路の動作状態を監視して消費電力を抑制し、大量の熱を発生を抑制する電力管理装置及びそれを有する複合機器の制御装置を提供することを第6の目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するために、本発明のバス管理装置は次のよう構成からなる。すなわち、少なくとも1つのバスと、該バスに接続された複数のバスマスターと、前記複数のバスマスターそれぞれに対してバス使用権の付与の開始条件と終了条件とを記憶する手段と、前記複数のバスマスターからバスの使用要求があると、前記条件にしたがって前記複数のバスマスターのバス使用権を付与を開始し、終了するバス調停手段とを備える。

【0022】あるいは、少なくとも4つのバスと、前記バスに接続されたバスマスターと、前記バス同士の接続を、前記バスのそれぞれに接続されたバスマスターのバスの要求に応じて切り替える切り替え手段とを備える。

【0023】あるいは、それぞれにバスマスターを備えた少なくとも2つのバスと、前記バスを介してアクセスされるメモリと、前記バスそれぞれに接続され、当該バスのバスマスターによるバス要求を調停し、そのいずれかにバス使用権を付与する調停手段と、前記バスそれぞれについてバス使用権を付与された複数のバスマスターが同一のあと先に書き込みを行う場合、それらバスマスターのうち、もっとも早くバス要求を出したバスマスター以外のバスマスターに対するバス使用権を停止させるよう、前記調停手段に対して通知するバス同期手段とを備える。

【0024】あるいは、それぞれがバスの調停手段を有する少なくとも2つのバスと、前記バスに接続されたバスマスターと、前記バスの状態と、前記バスマスターから出されるバス要求の情報とを判定し、前記バスのうちいずれを使用するか決定する決定手段とを備える。

【0025】あるいは、本発明のメモリ管理装置は次のような構成からなる。すなわち、連続したロケーションへのデータ転送を行うバーストモードを支援するメモリと、前記メモリの前段にあって、該メモリと交換されるデータを一旦蓄積するキャッシュメモリを備えたメモリ制御手段とを備え、前記メモリ制御手段は、前記メモリへのデータ転送がバーストモードであればキャッシュを介さずに直接前記メモリへデータを転送し、シングルモードであれば一旦キャッシュにデータを書き込むようキャッシュメモリを制御する。

【0026】あるいは、連続したロケーションへのデータ転送を行うバーストモードを支援するメモリと、前記メモリの前段にあって、該メモリと交換されるデータを一旦蓄積するキャッシュメモリを備えたメモリ制御手段と、前記メモリへアクセスする複数のバスマスターとを備え、前記メモリ制御手段は、前記メモリへのデータ転送をしようとするとバスマスターに応じて、キャッシュを介さずに直接前記メモリへデータを転送するか、一旦キャッシュにデータを書き込んでメモリへデータを転送するか制御する。

【0027】あるいは、本発明の電力管理装置は次のような構成からなる。すなわち、制御部により制御された複数の回路ブロックを含む電気回路の消費電力を制御する電力管理装置であって、各ブロックの動作状態を監視する状態監視手段と、動作状態にあるブロックの消費電力を加算する加算手段と、加算された電力を所定の閾値と比較し、閾値を超えたことを前記制御部に通知する通報手段とを備える。

【0028】あるいは、本発明の複合機器の制御装置は次のような構成からなる。すなわち、上記いずれかに記載のバス管理装置を備え、該バス管理装置により、画像入力装置及び画像出力装置が接続されたバスを管理する。

【0029】あるいは、上記いずれかに記載のメモリ管理装置を備える。

【0030】あるいは、上記いずれかに記載の電力管理装置を備える

【0031】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態として、プロセッサコア、プロセッサ周辺コントローラ、メモリコントローラ、スキャナー／プリンタコントローラ、PC1インターフェースなどを内蔵したシングルチップ・スキャニング・プリントイングエンジンである“DoEngine”を説明する。

【0032】1. DoEngine概要

DoEngineは、MIPSテクノロジー社のR4000プロセッサとコンパチブルなプロセッサコア、プロセッサ周辺コントローラ、メモリコントローラ、スキャナー／プリンタコントローラ、PC1インターフェースなどを内蔵したシングルチップ・スキャニング・プリント

ティングエンジンである。高速並列動作、ビルディングブロック手法を採用し実装される。

【0033】プロセッサシェル（プロセッサコアを含むプロセッサ周辺回路の総称）内には最大でインストラクション、データそれぞれ16Kバイトの計32Kバイトのキャッシュメモリ、FPU（浮動小数点演算ユニット）、MMU（メモリ管理ユニット）、ユーザー定義可能なコプロセッサなどを内蔵することが可能である。

【0034】PC1バスインターフェースを有するので、PC1バススロットを有するコンピュータシステムと共に用いることができる。また、PC1サテライト構成に加え、PC1ホストバスブリッジ構成にてPC1バスコンフィギュレーションを発行することが可能であり、安価なPC1周辺デバイスと組み合わせることにより、マルチファンクションペリフェラル（複合機能周辺機器）のメインエンジンとして使用することも可能である。さらにPC1バスインターフェースを有するレンダリングエンジン、圧縮・伸長エンジンと組み合わせることも可能である。

【0035】チップ内部に汎用I/Oコアを接続するI/Oバス、及び、画像データ転送に最適化したグラフィックバス（Gバス：Graphics Bus）の2系統の独立したバスを有し、メモリ、プロセッサとこれらのバスをクロスバスインターチを介して接続することにより、マルチファンクションシステムにおける同時動作に必須の、並列性の高い高速データ転送を実現している。

【0036】メモリには、画像データに代表される、連続したデータ列のアクセスに対し、最高のコストパフォーマンスを有するシンクロナスDRAM（SDRAM）をサポートし、SDRAMのバーストアクセス高速データ転送のメリットを享受できない小さなデータ単位でのランダムアクセスにおける性能低下を最小に抑えるために、8Kバイトの2ウェイセットアソシアティブ・メモリフロントキャッシュをメモリコントローラ内に備える。メモリフロントキャッシュは、すべてのメモリライトに対するバススヌープが難しい、クロスバスインターチを採用したシステム構成においても、複雑な機構なしに、キャッシュメモリによる高性能化が達成出来る方式である。また、リアルタイムデータ転送（機器制御）が可能な、プリンタ及びスキャナーとのデータインターフェース（Video Interface）を有し、さらにハードウェアによる、機器同期のサポート及び画像処理を行う事により、スキャナ、プリンタ分離型の構成においても、高品質で高速なコピー動作の実現が可能な構成となっている。

【0037】なお、DoEngineは、コアが3.3Vで動作し、I/Oは5Vトレントである。

【0038】図1及び図2、図3は、DoEngineを用いた装置あるいはシステムの構成例を示している。図1は分離構成型であり、パーソナルコンピュータ10

2には、それが備えるPCIインターフェースを介してDoEngineを備えたローカルボード101が装着される。ローカルボード101にはDoEngineのほか、後述するメモリバスを介してDoEngineと接続されたメモリと、色処理回路(チップ)が設けられている。このローカルボード101を介して、高速スキャナ103とカラー／モノクロプリンタ104とがパソコン用コンピュータ102に接続される。この構成により、パソコン用コンピュータの制御のもとで、ローカルボード101により、スキャナ103から入力された画像情報を処理し、プリンタ104から出力させることができる。

【0039】また、図2及び図3はスキャナ203とプリンタ202を一体に組み込んだ例で、図2は通常の複写機に類する構成を、図3(a)はファクシミリ装置などの構成を示している。図3(b)は、図3(a)をコントロールするコンピュータを示している。

【0040】これらのうち、図1、2は、PCIインターフェースを介して接続された外部のCPUによりDo

Engineが制御されるというスレーブモードで使用されている例であり、図3は、DoEngineのCPUが主体となり、PCIインターフェースを介して接続されたデバイスを制御するマスタモードで使用されている例である。

【0041】表1として、DoEngineの仕様を示す。外部インターフェースとして、PCI、メモリバス、ビデオ、汎用入出力、IEEE1284、RS232C、100baseT／10baseT、LCDパネル及びキーを備えるが、更にUSBを有していてもよい。内蔵ブロックとして、CPUコアに加えて、1次キャッシュ、キャッシュ付きメモリコントローラ、コピーエンジン、I/Oバスアービタ、グラフィックバスアービタなどを備えている。また、DMAコントローラはチャネル数が5であり、グラフィックバス、I/Oバスとともにアービトレーションは、優先度付きの先着順処理方式で行われる。

【0042】

【表1】

項目	概要	スペック
チップ	動作周波数 パッケージ 外部インターフェース	内部100MHz、内部バス及びメモリバス100MHz 313ピンBGA PCI メモリバス ビデオ 汎用入出力 IEEE1284 RS232C (USL) LAN 100/10baseT LCDパネル&キー
	内蔵ブロック	CPUコア 1次キャッシュ MMU ICU システムバスブリッジ キャッシュ付メモリコントローラ COPYエンジン PLL 電源制御ユニット IOバスアービタ グラフィックバスアービタ
DMAコントローラ メモリ及びバス制御 グラフィックバス PCIバス IOバス	チャネル数 最大転送速度(ピーク) 転送可能経路 サポートメモリ データ幅 最大メモリ容量 最大メモリバス転送速度 アービトレーション方式 最大バス転送速度 バス幅 PCIバス形式 マスター時転送速度 スレーブ時転送速度 アービトレーション方式 最大バス転送速度 バス幅	5チャネル 200M byte/Sec @ 50MHz 内部出力ブロック↔ローカルメモリ SDRAM 64ビット 1Gbyte 682M byte/Sec 優先度付先着順処理 800M byte/Sec 64Bit,100MHz Rev2.1,32Bit,33MHz PCI Read 96MByte/Sec, Write 88MByte/Sec Read 101MByte/Sec, Write 111MByte/Sec 優先度付先着順処理 200M byte/Sec 32Bit,50MHz

【0043】2. DoEngineの構成及び動作
本章では、DoEngineの総論に加え、各機能ブロック毎のブロック図、概要、詳細、コAINターフェース、タイミング図などを解説する。

【0044】2. 1. DoEngineのチップ構成
図4として、DoEngineのブロック図を示す。DoEngine400は次世代複合機能周辺機器（システム）(MFP:Multi Function Peripheral or MFS:Multi

Function System)の主たるコントローラとして設計、開発された。

【0045】CPU（プロセッサコア）401として、MIPSテクノロジー社のMIPS R4000コアを採用する。プロセッサコア401内には、8Kバイトずつのインストラクション、データのキャッシュメモリ、MMUなどが実装される。プロセッサコア401は、64ビットのプロセッサバス(Pバス)を介して、システム

・バス・ブリッジ(SBB)402に接続される。SBB402は4・4の64ビットクロスバスイッチであり、プロセッサコア401の他に、キャッシュメモリを備えたSDRAMやROMを制御するメモリコントローラ403と専用のローカルバス(MCバス)で接続されており、さらに、グラフィックバスであるGバス404、I/OバスであるIOバス405と接続され、全部で4つのバスに接続される。システムバスブリッジ402は、これら4セグメント間を、可能な限り、同時平行接続を確保することができるよう設計されている。

【0046】Gバス404はGバスアービタ(GBA)406により協調制御されており、スキャナ／プリンタと接続するためのスキャナ／プリンタコントローラ(SPC)408に接続される。また、IOバス405は、IOバスアービタ(BBA)407により協調制御されており、SPC408のほか、電力管理ユニット(PMU)409、インターフェースコントローラ(SIC)411、USBコントローラ412、IEEE1284を用いたパラレルインターフェースコントローラ(PIC)413、イーサネットを用いたLANコントローラ(LAN)414、LCDパネル、キー、汎用入出力コントローラ(PC)415、PCIバスインターフェース(PCIC)416にも接続されている。

【0047】2.2. プロセッサシェル
プロセッサシェルとは、プロセッサコアに加えMMU(Memory Management Unit)、命令キャッシュ、データキャッシュ、ライトバックバッファ及び掛け算ユニットを含んだブロックを指す。

※キャッシュメモリ図5に示したように、キャッシュメモリコントローラは、無効(Invalid)、有効かつクリーン(Valid Clean:キャッシュが更新されていない)、有効かつダーティ(Valid Dirty:キャッシュが更新されている)の3つのステートキャッシュを管理する。この状態に応じて、キャッシュは制御される。

【0048】2.3. インタラプトコントローラ
図6にインタラプトコントローラ410のブロック図を示す。

【0049】インタラプトコントローラ410は、IOバスインターフェース605を介してIOバス405に接続され、Engineeringチップ内の各機能ブロック及び、チップ外部からのインタラプトを集積し、CPUコア401がサポートする、6レベルの外部インタラプト及び、ノンマスカブルインタラプト(NMI)に再分配する。各機能ブロックとは、電力管理ユニット409、シリアルインターフェースコントローラ411、USBコントローラ412、パラレルインターフェースコントローラ413、イーサネットコントローラ414、汎用I/Oコントローラ415、PCIインターフェース

コントローラ416、スキャナ／プリンタコントローラ108などである。

【0050】この際、ソフトウェアコンフィギュレーション可能なマスクレジスタ(Int Mask Logic 0 - 5)602により、各要因毎に割り込みをマスクすることが可能である。また、外部インタラプト人力は、選択的エッジ検出回路601により、信号線ごとに、エッジセンスレベルセンスを選択することが出来る。要因レジスタ(Detect and set Cause Reg 0 - 5)603は、各レベルごとに、どのインターフェースがアサートされているかを示すとともに、ライト動作を行うことで、レベルごとにクリアを行う事が出来る。

【0051】各レベルの割込み信号は、各レベル毎に少なくともひとつの割り込みがあれば割込み信号を出力すべく、論理和回路604により論理和として出力される。なお、各レベル内での複数要因間のレベル付けはソフトウェアにて行う。

【0052】2.4. メモリコントローラ

図7は、メモリコントローラ403のブロック図である。メモリコントローラ403は、メモリコントローラ専用のローカルバスであるMCバスにMCバスインターフェース701を介して接続され、最大1ギガバイトのシンクロナスDRAM(SDRAM)と、32メガバイトのフラッシュROMあるいはROMをサポートする。SDRAMの特徴であるバースト転送時の高速性を活かすため、64(16×4)バースト転送を実現する。また、CPUやIOバスよりの連続したアドレスのシングル転送を考慮し、メモリコントローラ内にSRAM(メモリフロントキャッシュ)702を内蔵し、SDRAMへ直接シングル転送を行うことを可能な限り回避して転送効率を向上させる。メモリコントローラ-SDRAM間のデータバス幅は、信号ramData及びramParをあわせて72ビット(このうち8ビットの信号ramParはパリティ)、フラッシュROM間のデータバスfntromData、prgromDataの幅は32ビットとする。

【0053】2.4.2. 構成及び動作

メモリコントローラの各部はこれから説明するような構成となっている。

※MCバスインターフェース(701)※MCバスは、SBB402-メモリコントローラ403間の専用のバスであり、またSBB内部の基本バスとして用いられている。

【0054】CPU401とバスブリッジ402とを接続する専用バスPBusのバースト転送が4バーストのみ規定しているのに対し、MCバスにおいては16バースト×4までの転送を追加している。このためにバースト長を示す信号としてmTTType[6:0]を新たに定義した。

(MCバス信号の定義)

MCバスの各信号は下記の通り定義される。

- ・mClk (出力) … MCバスクロック
- ・mAddr[31:0] (出力) … MCバスアドレス
32ビットのアドレスバスであり、mTs_L がアサートされた時点からmRdy_Lがアサートされるまで保持される。
- ・mDataOut[63:0] (出力) … MCバスデータ出力
64ビットの出力データバスであり、mDataIn_Lがアサートされている時の有効である。
- ・mDataIn_L (出力) … MCバスデータ出力イネーブル
mDataOut[63:0]が有効であることを示す。またその転送がWriteであることを示す。
- ・mDataIn[63:0] (入力) … MCバスデータ入力
64ビットの入力データバスであり、mBRdy_LがアサートされているmClkの立ち上がりでサンプリングされる。
- ・mTs_L (出力) … MCバストランザクション開始ストローブ
転送が開始したことを示す。転送の最初の1クロックの間だけアサートされる。転送が1クロックで終了し、次の転送がすぐに始められるのならばmTs_Lは引き続きアサートされたままになる。
- ・mType[6:0] (出力) … MCバストランザクションタイプ
MCバス上の転送のタイプを示す。シングル転送時はその転送の間、バースト転送時は最初の転送(beat)の間保持される。上位3ビットがソース(マスター)をあらわし、下位ビットがシングル/バースト長をあらわす。タイプには次のようなものがある。

mType[6:4]	信号源
001	CPU
010	I/Oバス
100	Gバス

mType[3:0]	シングル/バースト長
1xxx	シングル (1~8 byte)
0001	2バースト
0010	4バースト
0011	6バースト
0100	8バースト
0101	16バースト
0110	2×16バースト
0111	3×16バースト
0000	4×16バースト

- ・mBE_L[7:0] (出力) … MCバストランザクションバイトイネーブルシングル転送時、64ビットデータバス上の有効なバイトトレーンを示す。バースト転送時はWrite時の有効であり、Read時は無視される。
- ・mPRdy_L (入力) … MCバスレディ

現在の転送(beat)が終了したことを示す。

- ・mTPW_L (出力) … 次トランザクションがIn-page write(ページ内書き込み)

次の転送が同じページ(同じRowアドレス)のwriteであることを示し、最大4個までのwriteを続けることができる。ページサイズはあらかじめコンフィギュレーションレジスタに設定しておく。

- ・mBPWA_L (入力) … バスのページ内書き込み許可

MCバススレーブ(メモリコントローラ)がページ内書き込みトランザクションを許可するかどうかを示し、mBRdy_Lと同じクロックでサンプリングされる。この時mBPWA_LがディアサートされていればmTPW_Lは無意味となる。

- ・mBRty_L (入力) … バスリトライ
MCバススレーブ(メモリコントローラ)がアクセスを未実行のまま終了させる場合にアサートし、少なくとも1サイクル以上のアイドルの後に再試行しなければならないことを示す。(もしもmBRdy_LとmBRty_Lが同時にアサートされた場合は、mBRty_Lが優先される。)

- ・mBerr_L (入力) … バスエラー
パリティエラーやその他のバスエラーが発生した場合にアサートされる。

【0059】なお、上述した入出力の別はSBBからみての定義である。

(MCバストランザクション) MCバス上のトランザクションとしては、以下のトランザクションをサポートする。

- ①ベーシックトランザクション(1,2,3,4,8バイト Read/Write)

mBE_L[7:0]信号に従い、1, 2, 3, 4, 8バイトのシングルトランザクションをサポートする。

- ②バーストトランザクション
(CPUからの) 4-ダブルワードバーストまでのトランザクションをサポートする。

③Gバスからの16-ダブルワードバースト×4までのトランザクションをサポートする。

- ④In-page write(ページ内書き込み)トランザクション

mTPW_Lで示される同一ページ内の書き込みに関して、連続的なWriteアクセスをサポートする。

- ⑤バスリトライ
メモリコントローラ内の制限によりメモリアクセスができない場合は、mBRty_L信号をアサートし、バスリトライを通知する。

【SDRAMコントローラ(705)】メモリコントローラ403は、次のような構成を有するSDRAMを以下のように制御する。

【0056】(DRAM構成) DRAMの構成としては、x4,x8,x16ビットタイプの16/64メガビットS

DRAMを64ビットデータバスで8バンク制御すること
ができる。

【0057】

【表2】

バンク内のデバイス数	デバイス構成	Row ビット(バンク選択ビットを含む) × Column ビット	バンクサイズ	最大メモリ(8バンク)
16(64Mbit Type)	16M × 4	14 × 10	128 Mbyte	1 Gbyte
8(64Mbit Type)	8M × 8, 9	14 × 9	64 Mbyte	512 Mbyte
4(64Mbit Type)	4M × 16, 18	14 × 8	32 Mbyte	256 Mbyte
16(16Mbit Type)	4M × 4	12 × 10	32 Mbyte	256 Mbyte
8(16Mbit Type)	2M × 8, 9	12 × 9	16 Mbyte	128 Mbyte
4(16Mbit Type)	1M × 16, 18	12 × 8	8 Mbyte	64 Mbyte

【0058】(DRAMアドレスビット構成) DRAMのアドレスビットの割付けについては、64ビットSDRAMの場合にはMA[13:0]を、16ビットSDRAMの

場合にはMA[11:0]を使用する。

【表3】

64 Mbit SDRAM						
31	30	29-27	26 25	24-11	10-3	2-0
0	0	CS	C9 C8	R13-R0	C7-C0	BS
16 Mbit SDRAM						
31	28	27-25	24 23	22-11	10-3	2-0
0	0	CS	C9 C8	R11-R0	C7-C0	BS

0 Zero
 CS Chip Select
 C9-C0 Column Address
 × 8bit SDRAM の場合、C8は無視
 × 16bit SDRAM の場合、C9,C8は無視
 R13-R0 Row Address
 16M SDRAM の R11 は SDRAM 内のバンクセレクトに用いられる。
 64M SDRAM で 4Bank 構成の場合 R12,R13 が
 2Bank 構成の場合 R13 がバンクセレクトに用いられる。
 BS Byte Select

(SDRAMプログラマブル構成(モードレジスタ))

SDRAMは内部にモードレジスタを持ち、モードレジスタ設定コマンドを用いて下記の項目を設定する。

①バースト長

バースト長は、1, 2, 4, 8, フルページのいずれかが設定可能であるが、CPUからのバースト転送長が小さいことから、バースト長1が最適である。Gバスからの16バースト以上の転送は、Read/Writeコマンド(オートプリチャージ無し)を連続して発行することにより実現する。

②ラップタイプ(Wrap Type)

バースト転送時のアドレスのインクリメント順を設定する。「シーケンシャル」または「インターリーブ」のどちらかが設定可能である。

③CASレーテンシ

CASレーテンシは、1, 2, 3のいずれかが設定可能であり、使用するSDRAMのグレードと動作クロックにより決定される。

【0059】(SDRAMコマンド) SDRAMに対して以下のコマンドをサポートする。各コマンドの詳細は、SDRAMデータブックに記載されている。

- ・モードレジスタ設定コマンド
- ・アクティブラムコマンド
- ・プリチャージコマンド

- ・ライトコマンド
- ・リードコマンド
- ・CBR(Auto)リフレッシュコマンド
- ・セルフリフレッシュ開始コマンド
- ・バーストストップコマンド
- ・NOPコマンド

(SDRAMリフレッシュ) SDRAMは、2048サイクル/32ms(4096/64ms)であるので、16,625nsおきにCBRリフレッシュコマンドを発行する。メモリコントローラは設定可能なリフレッシュカウンタを持ち、自動的にCBRリフレッシュコマンドを発行する。Gバスからの16バーストx nの転送中は、リフレッシュ要求を受け付けない。したがって、リフレッシュカウンタは16バーストx 4転送の時間だけ余裕を持った値を設定しなければならない。また、セルフリフレッシュをサポートする。このコマンドを発行すると、パワーダウンモード(ramcke_L=Low)時にセルフリフレッシュが続行される。

【0060】(SDRAM初期化) メモリコントローラはパワーオンリセット後、SDRAMに対して以下の初期化を行なう。すなわち、電源投入後100μsのボーズ期間をおいて、

①プリチャージコマンドを用いて全バンクをプリチャージする。

②SDRAMのモードレジスタを設定する。

③オートリフレッシュコマンドを用いて、リフレッシュを8回行う。

＜フラッシュROMコントローラ（704）＞フラッシュROMコントローラ704は、romAddr[23:2]のアドレス信号と4個のチップセレクト(romCs_L[3:0])信号をサポートする。アドレス信号romAddr2～romAddr4はパリティ信号ramPar0～ramPar7とマルチプレクスされ、アドレス信号romAddr10～romAddr23は、DRAMアドレスramAddr0～ramAddr13とマルチプレクスされている。

＜SRAMコントロール（メモリフロントキャッシュ）＞メインメモリとして用いられるSDRAMは、バースト転送は非常に高速であるが、シングル転送においてはその高速性が発揮できない。そこで、メモリコントローラ内にメモリフロントのキャッシュを実装し、シングル転送の高速化をはかる。メモリフロントキャッシュは、キャッシュコントローラ706とSRAM702より構成される。MCバスに定義されたmType[6:0]信号により、その転送マスターと転送長を知ることができるるので、各マスターごと、あるいは転送長ごとにキャッシュのオン／オフが設定可能である。キャッシュの方式は、次の通りである。なお、以下、特に断らない限り、単なるキャッシュあるいはキャッシュメモリという呼称は、プロセッサコアに内蔵されたキャッシュではなく、メモリコントローラが内蔵するメモリフロントキャッシュを指すものとする。

- ・2ウェイセットアソシアティブ
- ・8kバイトデータRAM
- ・128×21×2タグRAM
- ・LRU(Least Recently Used)アルゴリズム
- ・ライトスルー
- ・No Write Allocate

次にキャッシュコントローラ706を中心とする詳細なブロック図を図8に示す。

【0061】（キャッシュの動作）ここで、MCバスよりメモリリード／ライト転送が要求された場合のキャッシュの動作を図8のブロック図と、図9及び図10に示すフローチャートを用いて説明する。

【0062】MCバスよりデータ転送が開始されると、その転送の最初にMCバス上で示されるmType[6:0]によって、その転送がキャッシュオンでおこなうか、オフでおこなうかの判断がおこなわれる。この説明では、転送がシングル転送であればオン、バースト転送であればオフと判断することにする（ステップS901）。すなわち、mType(3)が“1”hであれば、シングル転送をあらわすのでキャッシュオンで、“0”hであればバースト転送をあらわすのでキャッシュオフで転送を行う。

【0063】シングル転送（キャッシュオン）の場合、アドレスladdr[31:0]が与えられると、laddr[11:5]がインデックスとしてb1_tag_ram801, b2_tag_ram802, b1_data_ram702-a, b2_data_ram702-b,

lru803へ与えられ、それぞれのブロックから、入力されたインデックスに対応するバリッドビット“v”及びb1_tag_addr, バリッドビット“v”及びb2_tag_addr, b1_out_data, b2_out_data, lru_inがそれぞれ出力される（ステップS902）。

【0064】b1_tag_ram801とb2_tag_ram802より出力されたb1_tag_addrとb2_tag_addrがそれぞれb1_comparator804, b2_comparator805でアドレスladdr[31:12]と比較され、その結果、すなわちヒットか否かがb1_hit_miss_L, b2_hit_miss_L信号によりキャッシングコントローラ706へ知らされ、判定される（ステップS903）。

【0065】ここでヒットであれば、リードかライトかが判定される（ステップS904）。ヒットであるとは、b1_tag_addrとb2_tag_addrのいずれかにアドレスladdr[31:12]と一致するものがある場合である。ヒットかつリードの場合にはつぎのようになる。すなわち、b1がヒットであり、要求された転送がリードであった場合は、すでに読み出されているb1_out_dataとb2_out_dataのうちb1_out_dataを選択し、laddr[4:3]で示される8バイトのデータをMCバスへ出力する（ステップS905）。同時にそのインデックスに対応するlruを“0” (=b1ヒット)に書き換えて、転送が終了する。b2がヒットであり、要求された転送がリードであった場合は、すでに読み出されているb1_out_dataとb2_out_dataのうちb2_out_dataを選択し、laddr[4:3]で示される8バイトのデータをMCバスへ出力する（ステップS905）。同時にそのインデックスに対応するlruを“1” (=b2ヒット)に書き換えて、転送が終了する。

【0066】一方、ヒットかつライトの場合にはつぎのようになる。すなわち、b1がヒットであり、要求された転送がライトであった場合は、インデックスで示されるb1_data_ram702-aのladdr[4:3]で示される8バイトのデータのうちmBE_L[7:0]で示される有効なバイト列ーンのみを書き換え、同時にそのインデックスに対応するlruを“0”h (=b1ヒット)に書き換える。またSDRAMも同様に書き換えて転送が終了する（ステップS906）。b2がヒットであり、要求された転送がライトであった場合は、インデックスで示されるb2_data_ram702-bのladdr[4:3]で示される8バイトのデータのうちmBE_L[7:0]で示される有効なバイト列ーンのみを書き換え、同時にそのインデックスに対応するlruを“1”h (=b2ヒット)に書き換える。またSDRAMも同様に書き換えて転送が終了する（ステップS906）。

【0067】一方、b1, b2ともにミスである場合にも、リードかライトか判定される（ステップS1001）。要求された転送がリードであった場合は、そのladdr[3:1]で示される8バイトのデータがSDRAMより読み出され（ステップS1003）、MCバスへ出力される（ステップS1004）。同時にそのインデックスに対

応するlruが読み出され、“0”hであった場合はb2_data_ramへSDRAMからのデータを書きlruも“1”hへ書き換える。lruが“1”hであった場合はb1_data_ramへSDRAMからのデータを書き、lruも“0”hへ書き換え終了する（ステップS1005）。b1,b2とともにミスであり、要求された転送がライトであった場合は、SDRAMに書き込むだけで転送が終了する（ステップS1002）。

【0068】ステップS901においてバースト転送（キャッシングオフ）の場合、リード、ライトともSDRAMに対してだけ行われ（ステップS907～S909）、キャッシングデータやタグの書き換え等は行わない。

DRAM/DRAMインターフェース（707）DRAM/DRAMコントローラ707の構成を図11に示す。ブロック1101～ブロック1104により、SDRAMのデータ信号、アドレス信号、パリティ信号が、フラッシュROMのデータ信号、アドレス信号と多重化される。

【0069】2. 4. 3. タイミングダイアグラム
上述したメモリコントローラ403によるデータの読み出し・書き込み等の処理のタイミングを、図12～図19を用いて説明する。

【0070】図12は、CPUからのバースト読み出しのタイミングを示す。バースト長は4、CASレイテンシは3である。図9のステップS909における処理に相当する。

【0071】図13は、CPUからのバースト書き込みのタイミングを示す。バースト長は4、CASレイテンシは3である。図9のステップS908における処理に相当する。

【0072】図14は、Gバスデバイスからのバースト読み出しのタイミングを示す。Gバスのバースト長は16、SDRAMのバースト長は4、CASレイテンシは3である。図9のステップS909における処理に相当する。

【0073】図15は、Gバスデバイスからのバースト書き込みのタイミングを示す。Gバスのバースト長は16、SDRAMのバースト長は4、CASレイテンシは3である。図9のステップS908における処理に相当する。

【0074】図16は、メモリフロントキャッシングにヒットした場合のシングル読み出しのタイミングを示す。読み出されるデータmDataIn[63:0]としては、キャッシングメモリであるb1_data_ram702-aあるいはb2_data_ram702-bから読み出されたb1/b2_out_dataが出力される。SDRAMのバースト長は4、CASレイテンシは3である。図9のステップS905における処理に相当する。

【0075】図17は、メモリフロントキャッシングにヒ

ットしなかった場合のシングル読み出しのタイミングを示す。読み出されるデータmDataIn[63:0]としては、SDRAMから読み出されたデータramData[63:0]が出力される。また、このデータはb1/b2_in_dataとしてキャッシングメモリであるb1_data_ram702-aあるいはb2_data_ram702-bにも書き込まれる。SDRAMのバースト長は4、CASレイテンシは3である。図10のステップS1004及びS1005における処理に相当する。

【0076】図18は、メモリフロントキャッシングにヒットした場合のシングル書き込みのタイミングを示す。書き込まれるデータmDataOut[63:0]は、キャッシングメモリであるb1_data_ram702-aあるいはb2_data_ram702-bに書き込まれるとともに、SDRAMにも書き込まれる。SDRAMのバースト長は4、CASレイテンシは3である。図9のステップS906における処理に相当する。

【0077】図19は、メモリフロントキャッシングにヒットしなかった場合のシングル書き込みのタイミングを示す。書き込まれるデータmDataOut[63:0]は、キャッシングメモリであるb1_data_ram702-aあるいはb2_data_ram702-bには書き込まれず、SDRAMに対してだけ書き込まれる。SDRAMのバースト長は4、CASレイテンシは3である。図10のステップS1002における処理に相当する。

【0078】なお、ここでは、MCバスよりデータ転送が開始されると、その転送の最初にMCバス上で示されるMTType[6:0]によって、転送がシングル転送であればオン、バースト転送であればオフと判断しているが、バースト転送の場合に、さらにバースト長を判定し、バースト長がキャッシングの1ラインよりも小さい場合にはキャッシングオンとし、そうでない場合にはキャッシングオフとして動作するようにしてもよい。

【0079】また、MCバスに、メモリへのデータ転送を要求したバスマスターの識別子を示す信号を含ませることで、メモリコントローラがその識別子を判定し、識別子に応じてキャッシングオン／キャッシングオフの制御を行うこともできる。この場合には、識別子とキャッシングオン／オフの別とを対応させた書換え可能なテーブルを用意し、それを参照してキャッシングのオンオフを切り替えることもできる。このテーブルは、例えば特定のアドレスを割り当ててCPU401などから書換え可能にすることもできる。

【0080】2. 5. システムバスブリッジ（SBB）及びI/Oバス、Gバス

図20としてシステムバスブリッジ（SBB）402のブロック図を示す。

【0081】SBB402は、I/Oバス（入出力バス）、Gバス（グラフィックバス）、Pバス（プロセッサーカルバス）及びMCバス間の相互接続をクロスバス

イッチを用いて提供する、マルチチャネル双方向バスブリッジである。クロスバスイッチにより、2系統の接続を同時に確立することが出来、並列性の高い高速データ転送を実現出来る。

【0082】SBB402は、IOバス405と接続するためのIOバスインターフェース2906と、Gバス404と接続するためのGバスインターフェース2006と、プロセッサコア401と接続するためのCPUインターフェーススレーブポート2002と、メモリコントローラ403と接続するためのメモリインターフェースマスターポートを備えるほか、アドレスバスを接続するアドレススイッチ2003、データバスを接続するデータスイッチ2004を含む。また、プロセッサコアのキャッシュメモリを無効化するキャッシュ無効化ユニット2005を備えている。

【0083】IOバスインターフェース2009には、IOバスデバイスからのDMAライトを高速化するライトバッファと、IOバスデバイスのリードを効率化するリードプリフェッチキューを実装する。これらのキュー内に一時的に存在するデータに関するコヒーレンシ管理はハードウェアにて行う。なお、IOバスに接続されたデバイスをデバイスと呼ぶ。

【0084】プロセッサコアは32ビットバスに対するダイナミックバスサイジングをサポートしているが、SBB402ではこれをサポートしない。将来、バスサイジングをサポートしないプロセッサを用いる場合にもSBBに必要な改造を最小限におさえるためである。

【0085】2.5.1. SBB及び各バスの構成及び動作

<IOバスインターフェース>図21は、IOバスインターフェースのブロック図である。

【0086】IOバスインターフェース2009は、IOバスとMCバス間の双方向ブリッジ回路である。IOバスはDoEngineの内部汎用バスである。

【0087】IOバスインターフェース2009内には、マスタコントロールブロック2011、スレーブコントロールブロック2010、データインターフェース2012、DMAC2013、IOバスバッファの5ブロックが含まれる。図21上で、DMAC2013は、機能上3個のシーケンサとレジスタブロックに分割される。それら3つのシーケンサのうち、DMA×モリアクセスシーケンサはIOバススレーブコントロールブロック2010に、DMAregシーケンサはIOバスマスターコントロールブロック2011に内蔵される。レジスタブロックであるDMAレジスタはIOバスデータインターフェース2012部に内蔵される。

【0088】またIOバスインターフェース2009はIOバス側からのメモリへの書き込み時、及びDMAによるデバイスからのメモリへの転送が起こった時に、キャッシュ無効化インターフェースを介してCPUシェル内のデ

ータ、命令両キャッシュの無効化の制御を行う。

【0089】なお、CPUライト時のライトバックバッファはIOバスインターフェースには実装しないが、IOバス上の外部マスタライト時のライトバッファを実装する。これにより、バースト転送でない、連続した外部マスタからの書き込みが高速化される。このライトバッファのフラッシュは、IOバスアービタ407によるメモリへの接続が許された時点で行われる。IOバスマスターのライトバッファバイパスは行わない。

【0090】また、外部マスタのリードプリフェッチキューを実行する。これにより、外部マスタからの連続した、データストリームの読み出しの高速化を図る、リードバッファの無効化は、

1. IOバスの新たなリードがバッファにヒットしなかった場合、

2. CPUからメモリへのライトが行われた場合、

3. Gバスからメモリへのライトが行われた場合、

4. IOバスからメモリへのライトが行われた場合、

に行われる。

【0091】またIOバスインターフェース2009にはIOバス405上の各デバイスとメモリ間のDMAコントローラ2013が内蔵される。システムバスブリッジ102にDMAコントローラを内蔵することにより、ブリッジ双方へ、同時にアクセス要求が発行出来、効率的なDMA転送が実現出来る。

【0092】IOバスインターフェース2009はプロセッサ401からのアクセス要求に対して、ダイナミックバスサイジングの使用を要求しない。またIOバスマスターからのメモリアクセス要求時に、メモリコントローラ403からのバスサイジングにも対応しない。すなわち、メモリコントローラはバスサイジングを期待すべきではない。

<IOバス>

IOバスはDoEngine内の汎用IOバスであり、以下の仕様を持つ。

- ・アドレス、データ分離型32ビットバス。
- ・任意のウェイトサイクルを挿入可能、最短はノーウェイト。
- ・バーストトランザクションのサポート。
- ・最大転送速度は、クロックが50MHz時に200Mbyte/Second。
- ・バスエラーとバスリトライのサポート。
- ・複数バスマスターのサポート。

【0093】(IOバス信号定義)以下にバス信号の定義を説明する。各信号毎に、「信号名(英語呼称)：入力元>出力先(, 3States)…信号の説明」の要領で記載されている。なお、3ステートの項は3ステートの信号に限り記載した。

【0094】bAddr[31:2] (IOBus Address Bus) : Master>Slave, 3State… IOBusアドレスバス。

【0095】bData[31:0] (IOBus Data Bus) : DataDriver>;DataReceiver, 3State … IOBusデータバス。

【0096】b(Datarivername)DataReq_L (IOBus Data Output Enable Request.) : DataDriver>;DefaultDriverLogic … 後述する双方向IOバスを実現するため、デフォルトドライバーコントロールロジックへの出力信号である。Datarivernameを持つデバイスが、バス上にデータをドライブするための要求信号である。データの出力を許可されたデバイスには、デフォルトドライバーコントロールロジックよりb(Datarivername)DataReq_Lが出力される。DataDriverの例：Pci,Sbb,Jpeg,Spu。

【0097】b(Datarivername)DataReq_L (IOBus Data Output Enable) : DefaultDriverLogic>;DataDriver … b(Datarivername)DataReq_Lを出力したデバイスに対し、デフォルトドライバーロジックがデータバスへのデータのドライブを許す場合b(Datarivername)DataReq_L信号をそのデバイスに対して返す。

【0098】bError_L (IOBus Bus Error) : Slave>;Master, 3State … IOバストランザクションがエラーで終了したことを示す。

【0099】b(Mastername)BGnt_L (IOBus Grant) : Arbiter>;Master … バスアービトリレーションにより当マスターがバスの使用権を得たことを示す。Masternameの例：Pci,Sbb,Jpeg,Spu。

【0100】bInstNotData (IOBus Instruction/Data Output Indicator) : Master>;Slave, 3State … IOバスマスターがインストラクションフェッチをIOバススレーブに対して行う場合にHighにドライブする。データトランザクションの場合はLowにドライブする。

【0101】b(Mastername)CntIOeReq (IOBus Master Control Output Enable Request) : Master>;DefaultDriverLogic … IOバスマスターが、bStart_L,bTx_L,bWr_L,vInstNotDataとbAddr[31:2]を3ステートバス上にドライブしたい場合に、IOBus Output Control Logicに対してアサートする。IOBus Output Control Logicは各マスターからの、bMCntIOeReqに基づきドライブを許すマスターに対し、b(Mastername)CntIOe_L信号を返す。

【0102】b(Mastername)CntIOe_L (IOBus Master Control Output Enable) : DefaultDriverLogic>;Master … b(Mastername)CntIOeReqを出力したマスターに対し、デフォルトドライバーロジックがドライブを許す場合b(Mastername)CntIOe_L信号をそのマスターに対して返す。

【0103】bRdy_L (IOBus Ready) : Slave>;Master, 3State … IOバススレーブは、現在のIOバスデータトランザクションが現在のクロックサイクルを最後に終了することを示すためにこの信号をアサートする。IOバスマスターは、この信号により、現在のトランザクションがこのクロックサイクルで終了することを知る。

【0104】b(Mastername)BReq_L (IOBus Bus Request) : Master>;Arbiter … IOバスマスターが、IOバ

スアービタに対し、バスの使用権要求を行う事を示す。

【0105】bRetry_L (IOBus Bus Retry) : Slave>;Master, 3State … IOバススレーブがマスターに対し、バストランザクションの最実行を要求する。

【0106】b(Slavename)RdyOeReq (IOBus Slave Ready Output Enable Request) : Slave>;DefaultDriverLogic … IOバススレーブが、bRdy_L,bWBurstReq_L,bBurstAck_Lを3ステートバス上にドライブしたい場合に、IOBus Output Control Logicに対してアサートする。IOBus DefaultDriverLogicは各マスターからの、b(Slavename)RdyOeReqに基づきドライブを許すスレーブに対し、b(Slavename)RdyOe_L信号を返す。

【0107】b(Slavename)RdyOe_L (IOBus Slave Ready Output Enable) : DefaultDriverLogic>;Slave … b(Slavename)RdyOeReqを出力したマスターに対し、デフォルトドライバーロジックがドライブを許す場合b(Slavename)RdyOe_L信号をそのマスターに対して返す。

【0108】bSnoopWait (IOBus Snoop Wait) : SBB>;NextMaster … IOバスインターフェースがIOバスに接続された他のデバイスに対し、キャッシュのスヌーピング実行中であることを示す。IOバスに接続されたデバイスはこの信号がアサートされている間は新たなトランザクションを発行できない。

【0109】bStart_L (IOBus Transaction START) : Master>;Slave, 3State … IOバスマスターがIOバストランザクションをスタートすることを示す信号、IOバススレーブは、この信号を監視することにより、IOバストランザクションのスタートを知ることが出来る。

【0110】bTx_L (IOBus Transaction Indicator Input) : Master>;Slave, 3State … IOバスマスターがIOバススレーブに対し、IOバストランザクションが現在実行中である事を示すためにアサートする。

【0111】bWBurstGnt_L (IOBus Burst Write Grant) : Master>;Slave, 3State … IOバスマスターが、IOバスバースライトのリクエストに対し、バースライト実行することを示すためにドライブする。

【0112】bWBurstReq_L (IOBus Burst Write Request) : Slave>;Master, 3State … IOバススレーブがIOバスマスターに対し、バースとライトを要求する場合にアサートする。

【0113】bWr_L (IOBus Write Transaction Indicator) : Master>;Slave, 3State … IOバスマスターが、IOバススレーブに対し、現在のトランザクションがライトである事を示すためにアサートする。

【0114】bByteEn[3:0] (IOBus Byte Enables) : DataDriver>;DataReceiver, 3State … IOバス上にデータをドライブするエージェントが、各ビットに対応したbData[31:0]上のバイトレーンが有効である事を示すためにHighにドライブする。本信号の各ラインとbDataのバイトレーンは表4の対応関係にある。

【0115】

【表4】

Byte Enable	Corresponding bData [31 : 0]
bByte En3	[31 : 24]
bByte En2	[23 : 16]
bByte En1	[15 : 8]
bByte En0	[7 : 0]

【0116】bBurst_L (I/O Bus Extended Burst Request) : Master>;Slave, 3State … I/Oバスマスターが拡張バーストを行いたい事を示す。アサート、ネゲートタイミングはbTx_Lと同一。

【0117】bBurstAck_L (I/O Bus Extended Burst Acknowledge) : Slave>;Master, 3State … I/Oバススレーブが拡張バーストを行える事を示す。アサート、ネゲートタイミングはbRdy_Lと同一。

【0118】bBurstShortNotLong_L (I/O Bus Burst Length) : Master>;Slave, 3State … I/Oバスマスターが拡張バーストを行う場合のバースト長を示す。アサート、ネゲートタイミングはbTx_Lと同一であり、信号値とバースト長との対応は表5に示したとおりである。

【0119】

【表5】

bBurst Short Not Long_L	Burst Length
H	4 beats
L	8 beats

【0120】I/Oバス信号は上述の通りである。DoEngine内部のバスである、I/Oバス（及びGバス）は接続される機能プロック数が10以上になるので、In/Out分離バスですべてのプロックを接続することは、困難である。DoEngineでは、チップ内双方向バスを採用する。

<Gバスインターフェース図22にGバスインターフェース2006のブロック図を示す。この概要は下記の通りである。

【0121】(Gバス概要) Gバスは、MFP用1チップコントローラDoEngine内部において、各画像データ処理部間のデータ転送を高速に実行するために定義されたバスである。64ビットのデータバスをもち、4Byte(128byte boundary)のアドレス空間をサポートする。16ビット(128byte=16ビット×16)を1ロングバーストとした転送を基本とし、連続して4ロングバースト(512byte=16ビット×4)までを可能とする。（シングルビートなど16ビット以下の転送はサポートしない）

(Gバス信号定義) 信号の定義に用いる記号をまず定めておく。信号名の直後には、必要に応じて信号の方向が記述されている。それは次のように定める。

In (Input signal) … バスエージェントに対する入力信号

Out (Output signal) … バスエージェントからの出力信号

InOut (Bi-Directional Tri-State signal) … 双方向の信号で、複数のバスエージェントがドライブする。一度にひとつのエージェントだけがドライブする。信号をドライブする各エージェントのイネーブルリクエスト信号をデフォルトドライバで集中管理し、どのエージェ

ントがドライブするかはデフォルトドライバが決定する。どのエージェントもイネーブルリクエストを出さない場合や、複数のエージェントが同時にイネーブルリクエストを出している場合はデフォルトドライバ信号をドライブする。エージェントは、信号をロウにドライブする場合は、前後1クロックの間ハイにドライブしなければならない。信号のアサートはドライブを初めてから1クロック以上経過してからしか行えない。基本的に信号のリリースはネゲートした次のクロックで行う。

【0122】なお、各信号名の後の“_L”はその信号がロー・アクティブであることを示す。信号の記述のしかたは、ほぼI/Oバス信号の記述に準ずる。説明は、システム信号、アドレス及びデータ信号、インターフェース制御信号、アービトリレーション信号に分けて行う。また、バスエージェントとは、バスに接続されるバスマスターやバススレーブの総称である。

【0123】(システム信号)

gClk (G-Bus Clock) … Gバス上のすべてのトランザクションについてタイミングを提供し、すべてのデバイスに対して入力となる。

【0124】gRst_L (G-Bus Reset) … Gバス上のすべてのデバイスをリセットする。すべての内部レジスタはクリアされ、すべての出力信号はネゲートされる。

【0125】(アドレスおよびデータ信号)

:Addr[31:7], InOut, (I/O Bus Address) : Master>;Slave … Gバス上のデータ転送はすべて128byte(16ビット)単位で行われるため、gAddr[31]~gAddr[7]の24ビットで4GBYTEのアドレス空間をサポートする。
drive:gfs_Lと同時にマスターがドライブ
assert: ドライブした次のクロック

negate:gAck_Lのアサートを確認したクロック。

【0126】g(Mastername)AddrDeReq (G-Bus Address 0 OutPut Enable Request) : Master>;DefaultDriverLogic

… 双方向(バスを実現するための、デフォルトドライバプロジェクトへの出力信号。バスマスターがアドレスバスをドライブするための要求信号。

【0127】g(Mastername)AddrDe_L (G-Bus Address 0 OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Master … g(Mastername)AddrDeReqを出力したバスマスターに対し、デフォルトドライバプロジェクトがアドレスバスのドライブを許可することを示す信号。

【0128】gData[63:0], InOut, (G-Bus Data) : DataDriver>;DataReceiver … 64ビットデータバスで、ライト時はマスターがドライブ、リード時はスレーブがドライブ。

【0129】[ライト] drive:gTs_Lと同時にマスターがドライブ。ただし、gSvBsy_Lがアサートされている時はネゲートされるまで待ってドライブ。

assert:ドライブした次のクロック。

change:gAck_Lのアサートを確認したクロック、その後は毎クロック。

negate:転送終了時、またはgTrStp_Lによる転送停止要求を確認した場合は、gAck_Lのアサートを確認したクロック。

【0130】[リード] drive:gAck_Lと同時にスレーブがドライブ。

assert:スレーブがReadyであればドライブした次のクロックで、ReadyでなければReadyになるまで待ってアサートされる。

change:gAck_Lのアサートを確認したクロック、その後は毎クロック。リードの場合はアサートしたクロックから毎クロック。

negate:転送終了時。

release:ネゲートの1クロック後、またはgTrStp_Lによる転送停止要求を確認したクロック。

【0131】g(DataDrivername)DataDeReq (G-Bus Data OutPut Enable Request) : DataDriver>;DefaultDriverLogic … データドライバがデータバスをドライブするための要求信号。

【0132】g(DataDrivername)DataDe_L (G-Bus Data OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;DataDriver … g(DataDrivername)DataDeReqを出力したデータドライバに対し、デフォルトドライバプロジェクトがデータバスのドライブを許可することを示す信号。

【0133】(インターフェース制御信号)

gTs_L (InOut, G-Bus Transaction Start) : Master>;Slave … マスターにより1クロックの間Lowにアサートされ、転送の開始(アドレスフェーズ)をあらわす。マスターはgTs_Lと共に、gAddr, gRdNotWr, gBstCntをドライブし、転送の種類、データ量を明確にする。マスターは、

ライトの場合ここで明確にした転送データ量をウェイトなしで出せることを保証しなければならない。また、リードの場合は明確にした転送データ量をウェイトなしで受けけることを保証しなければならない。スレーブは途中でデータ転送ができなくなった場合はgBsStep_Lにより、次の16ビートの転送をキャンセルすることがある。ただし、16ビートの途中でキャンセルすることはない。

drive:gGnt_Lのアサートを確認したクロックでドライブ。

assert:ドライブした次のクロック。

negate:1クロックアサート後にネゲートされる。

【0134】g(Mastername)TsDeReq (G-Bus Transaction Start OutPut Enable Request) : Master>;DefaultDriverLogic … バスマスターがgTs_Lをドライブするための要求信号。

【0135】g(Mastername)TsDe_L (G-Bus Transaction Start OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Master … g(Mastername)TsDeReqを出力したバスマスターに対し、デフォルトドライバプロジェクトがgTs_Lのドライブを許可することを示す信号。

【0136】gAck_L, InOut, (G-Bus Address Acknowledge) : Slave>;Master … スレーブにより1クロックの間Lowにドライブされる。該当するスレーブが、転送を認識し、バスが空いていることを確認して、データ転送がスタートできることをマスターに知らせる。ライトの場合、スレーブはマスターから要求された転送データ量をウェイトなしで受けることを保証しなければならない。またリードの場合は、要求された転送データ量をウェイトなしで出せることを保証しなければならない。一方が一、途中でデータ転送ができなくなった場合は、gBstStp_Lにより、次の16ビートの転送をキャンセルすることができる。ただし、16ビートの途中でキャンセルすることはできない。

drive:アドレスデコードビット時、gTs_Lのアサートを確認したクロックでドライブが開始される。ただし、gSvBsy_Lがアサートされている時はネゲートされるまで待ってドライブされる。また、データバス使用中のために、まだドライブされていなかった場合は、gTrStp_Lによる転送停止要求を確認したクロックでドライブ開始される。

assert:スレーブがReadyであればドライブした次のクロックで、ReadyでなければReadyになるまで待ってアサートされる。gTrStp_Lによる転送停止に対する応答のときには、ドライブした次のクロックでアサートされる。

negate:ドライブ後にgTrStp_Lがアサートされた場合は、gTrStp_Lを確認したクロックでアサートされる。また、1クロックアサート後にネゲートされる。

【0137】g(Slavename)AckDeReq (G-Bus Address Acknowledge OutPut Enable Request) : Slave>;DefaultD

riverLogic … スレーブがgAck_Lをドライブするための要求信号。

【0138】g(Slavename)AckLte_L (G-Bus Address Acknowledge OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Slave … g(Slavename)AckDeReqを出力したスレーブに対し、デフォルトドライバロジックがgAck_Lのドライブを許可することを示す信号。

【0139】gS1vBsy_L, InOut, (G-Bus Slave Bus y) : Slave>;Master … スレーブがドライブし、データバスでデータを転送中であることをあらわす。drive : アドレスコードヒット時、gTs_Lのアサートを確認したクロックでドライブ開始。ただし、gS1vBsy_Lがアサートされている時はネガートされるまで待ってドライブ。

assert : スレーブがReadyであればドライブした次のクロックで、ReadyでなければReadyになるまで待ってアサート。

negate : 転送終了時にネガート。

release : ネガートの1クロック後、またはgTrStp_Lによる転送停止要求を確認したクロック。

【0140】g(Slavename)S1vBsyDeReq (G-Bus Slave Busy OutPut Enable Request) : Slave>;DefaultDriverLogic … スレーブがgS1vBsy_Lをドライブするための要求信号。

g(Slavename)S1vBsyDe_L (G-Bus Slave Busy OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Slave … g(Slavename)S1vBsyDeReqを出力したスレーブに対し、デフォルトドライバロジックがgS1vBsy_Lのドライブを許可すること

を示す信号。

【0141】gRdNotWr, InOut, (G-Bus Read(High)/Write(Low)) : Master>;Slave … マスターによりドライブされ、HighでREAD、LOWでWRITEをあらわす。ドライブする期間はGAと同じである。

derive : gTs_Lと同時にマスターがドライブ。

assert : ドライブした次のクロック。

negate : gAck_Lのアサートを確認したクロック。

【0142】g(Mastername)RdNotWrDeReq (G-Bus Read/Write OutPut Enable Request) : Master>;DefaultDriverLogic … バスマスクがgRdNotWrをドライブするための要求信号。

【0143】g(Mastername)RdNotWrDe_L (G-Bus Read/Write OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Master … g(Mastername)RdNotWrDeReqを出力したバスマスクに対し、デフォルトドライバロジックがgRdNotWrのドライブを許可することを示す信号。

【0144】gBstCnt[1:0], InOut, (G-Bus Burst Counter) : Master>;Slave … マスターによりドライブされ、連続して行うバースト転送の数（1～4）をあらわす。信号の値とバースト転送するバイト数との対応は表のようになる。

derive : gTs_Lと同時にマスターがドライブ。

assert : ドライブした次のクロック。

negate : gAck_Lのアサートを確認したクロック。

【0145】

【表6】

gBst Cnt [1:0]		転送バイト数
01	16ビート×1	64bit × 16 × 1 = 128byte
10	16ビート×2	64bit × 16 × 2 = 256byte
11	16ビート×3	64bit × 16 × 3 = 384byte
00	16ビート×4	64bit × 16 × 4 = 512byte

【0146】g(Mastername)BstCntDeReq (G-Bus Burst Counter OutPut Enable Request) : Master>;DefaultDriverLogic … バスマスクがgBstCntをドライブするための要求信号。

【0147】g(Mastername)BstCntDe_L (G-Bus Burst Counter OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Master … g(Mastername)BstCntDeReqを出力したバスマスクに対し、デフォルトドライバロジックがgBstCntのドライブを許可することを示す信号。

【0148】gBstStp_L, InOut, (G-Bus Burst Stop) : Slave>;Master … スレーブによりドライブされ、連続する次のバースト転送を受付不可であることをあらわす。1バースト（16ビート）の転送の14ビート目にアサートする。ストップしない場合にはドライブしない。

drive : 14ビート目。

assert : 15ビート目。

negate : 1クロックアサート後

g(Slavename)BstStpDeReq (G-Bus Burst Stop OutPut Enable Request) : Slave>; DefaultDriverLogic … スレーブがgBstStp_L上をドライブするための要求信号。

【0149】g(Slavename)BstStpDe_L (G-Bus Burst Stop OutPut Enable) : DefaultDriverLogic>;Slave … g(Slavename)BstStpDeReqを出力したスレーブに対し、デフォルトドライバロジックがgBstStp_Lのドライブを許可することを示す信号。

【0150】(アービトレーション信号)

g(Mastername)Req_L, Out, (G-Bus Request) : Master>;Arbiter … マスターによりドライブされ、アービタに対してバスを要求する。各マスターごとに専用のgReq_Lを持つ。

assert : データ転送が必要なマスターがアサート

negate : gGnt_Lを受ければネゲート
 g(Mastername)(gInt_L, In, (G-Bus GNT) : Arbiter>;Master … アービタによりドライブされ、バス要求に対して次のバス権を与える。各マスターがバスごとに専用のgGnt_Lを持つ。プライオリティの高いバスマスターから順にバス権を与える。同じプライオリティのマスターに対しては、バス要求のあった順番にバス権を与える。
 assert : 他のマスターにgGnt_Lを与えていない時、または次のクロックで他のマスターに与えていたgGnt_Lをネゲートする時に、アービトレーションによって選ばれたマスターに対してアサートする。
 negate : gAck_Lのアサートを確認したクロック
 gTrStp_L, In, (G-Bus Transaction Stop) : Arbiter>;Master, Slave … アービタによりドライブされ、gGnt_Lによりすでにアドレスフェーズを開始されたトランザクションを中止する。ただ、すでにgAck_Lによりデータフェーズを開始してしまったトランザクションについては中止できない。また、この信号はgAck_Lによりマスクがかけられており、gAck_Lがアサートされた時には、たとえアサートしていてもネゲートされ出力される。
 assert : すでにアドレスフェーズを開始したトランザクションよりも高いプライオリティのマスターからバス要求がきた時。
 negate : gAck_Lのアサートを確認したクロック
 ((バスライトサイクル)) (G-Busのライトサイクルは次のようになる
 ①マスターがバス要求、gReq_Lアサート。
 ②アービタが許可、gGnt_Lアサート。gReq_Lネゲート。
 ③gGnt_Lを受けて、マスターはgIs_L, gAddr, gRdNotWr, gBstCnt, をドライブ。
 ライト動作の場合、gS1vBsy_Lがアサートされていなければ、同時にgDataもドライブする。gS1vBsy_Lがドライブされていれば、gS1vBsy_Lがフリーになるのを待ってドライブする。
 ④スレーブはgIs_Lがアサートされている時にアドレスをデコードし、ヒットすれば自分に対する転送であることを認識する。この時gS1vBsy_Lが他のスレーブによりアサートされていなければ、gS1vBsy_LとgAck_Lのドライブを始める。また、リードの場合はgDataもドライブする。gS1vBsy_Lが他のスレーブによりアサートされれば、データバスは使用中であるということなので、ネゲートされるまで待ってドライブを始める。gS1vBsy_L, gAck_L, (gData)のドライブ開始後、スレーブがデータ転送の準備ができれば、それぞれの信号をアサートし、データ転送を開始する。
 ⑤gAck_Lがアサートされた時点でアドレスフェーズは終了し、マスターはgAddr, gRdNotWr, gBstCntをネゲートする。また、その時点からマスターはライトデータを毎クロック切り替え、gBstCntで指定されたデータ量だけ転送

を行う。マスターとスレーブは、それぞれ自分でクロックをカウントして、データ転送の終了を知らなければならない。

【0151】スレーブは転送の途中でマスターから要求されたデータ転送量を転送できなくなった場合は、bS1Stp_Lを15ビート目でアサートすることで、次の16ビートの転送をキャンセルすることがただし、16ビートの途中でキャンセルすることはできない。

【0152】マスターおよびスレーブは、gBstStp_Lがアサートされれば、次のクロックでデータの転送を終了させなければならない。

【0153】<キャッシュインバリデーションユニット(CIU)>キャッシュインバリデーションユニット(以下CIU)2005は、IOバスからメモリへのライトトランザクションを監視し、これが起こった場合は、メモリへの書き込みが終了する前に、CPUシェルのキャッシュインバリデーションインターフェースを用い、CPUシェルに内蔵されたキャッシュの無効化を行う。

【0154】CPUシェルは、次の3種類の信号を使用する。

- SnoopADDR[31:5] (Cache Invalidation Address)
- DCINV (Dcache (データキャッシュ) Invalidation Strobe)
- ICINV (Icache (インストラクションキャッシュ) Invalidation Strobe)

キャッシュの無効化は最大3クロックで行われる。IOバスからメモリへのライトは3クロックで終了することはないので、キャッシュインバリデーションユニット2005は、CPUシェル401から出力されるStop_L信号を用いて無効化終了のハンドシェイクを行うことはしない。但し、将来の変更に備え、IOバス上にはbSnoopWaitをStop_Lと同一サイクルだけドライブする。

【0155】なお、現在のインプリメンテーションでは、IOバスからのライトが起こった場合は、安全のためにIcacheもインバリデーションしている。もし、OSでセルフモディファイングコードを禁止し、インストラクションとして使われる可能性のあるデータのローディング時に、意図的にインストラクションキャッシュのインバリデーションを行うなら、Icacheのインバリデーションはいらない。この場合は若干のパフォーマンスアップが望める。

【0156】<メモリマップ>図23及び図24にメモリマップを示す。図23は、左から順に、仮想メモリマップ、物理メモリマップ、G-Busのアドレス空間でのメモリマップ、IO-Busのアドレス空間でのメモリマップである。また、図24は、レジスタ等を含む図23における斜線部の32メガバイトを示すマップである。

【0157】プロセッサコアのメモリモデルはR3000をベースにしている。プロセッサコアの物理アドレス空間は32ビットアドレッシングにより4Gバイトある。仮

想空間も同様に32ビットアドレッシングを行なう。ユーザープロセスの最大サイズは2Gバイトである。アドレスマッピングはカーネルモードとユーザーモードで異なる。図はMMUを使用しない場合のメモリマップである。

【0158】(ユーザーモード仮想アドレッシング)ユーザーモードの仮想アドレッシングでは2Gバイトのユーザ仮想アドレス空間(kuseg)が有効となる。このユーザセグメントのアドレスは0x00000000から始まり、すべての有効なアクセスは0にクリアされたmsbを持つ。ユーザーモードにおいてmsbをセットしたアドレスの参照はアドレスエラー例外処理を引き起こす。TLBはkusegへのすべての参照をユーザーモードとカーネルモードで同様にマッピングする。また、キャッシュブルである。kusegは通常ユーザコードやデータを保持するために使用される。

【0159】(カーネルモード仮想アドレッシング)カーネルモードの仮想アドレス空間には4つのアドレスセグメントを持っている。

- ・kuseg 仮想アドレスの0x00000000から2Gバイト。ページと単位としたキャッシングとマッピングが可能。このセグメントはカーネルメモリアクセスとユーザーメモリアクセスでオーバーラップしている。

- ・kseg0 仮想アドレスの0x80000000から512Mバイト。物理メモリの最初の512Mバイトにダイレクトにマップされる。参照はキャッシュされるが、アドレス変換にはTLBは使われない。kseg0は通常カーネルの実行コードやカーネルデータのために使用される。

- ・kseg1 仮想アドレスの0xA0000000から512Mバイト。物理メモリの最初の512Mバイトにダイレクトにマップされる。参照はキャッシュされず、アドレス変換にはTLBは使われない。kseg1は通常OSによって、I/Oレジスタ、ROMコード、ディスクバッファのために使用される。

- ・kseg2 仮想アドレスの0xC0000000から1Gバイト。kusegと同様、TLBにより仮想アドレスから物理アドレスにマップされる。キャッシングは自由。OSは通常kseg2をスタックやコンテキストスイッチによるリマップが必要なプロセス毎のデータのために使用する。

【0160】(仮想アドレスメモリマップ) (図23(a), 図24(a)) 仮想アドレス空間は4Gバイトあり、システム上のすべてのメモリ、I/Oがアクセス可能である。kusegにはSYSTEM MEMORY(1GB)が存在する。

【0161】kseg0には内蔵RAM(16MB)が存在する。これは、例外処理のベクタをプログラミングしたい場合にインプリメントし、例外ベクタベースアドレスを0x8000000に設定する。このアドレスは物理アドレス空間の0x00000000にマッピングされる。

【0162】kseg1にはROM、I/O、レジスタが存

在し、ブートROM(16MB)、SBB内部レジスタとMC内部レジスタ(16MB)、IOBus1/01(16MB; Gバスアービタ内部レジスタ、I/Oバスアービタ内部レジスタ、IMD内部レジスタなどのアリミティブなI/Oバスレジスタ)、IOBus1/02(16MB)、IOBusMEM(16MB)、Gbus MEM(32MB)、FONT ROM(240MB)、FONT ROM or RAM(16MB)が含まれる。

【0163】kseg2にはPCI I/O(512MB)、PCI MEM(512MB)が存在する。

【0164】kseg0、kseg1はどちらも物理アドレス空間の最初の512Mバイトにマッピングされるため、kseg0、kseg1とkusegの最初の512Mバイトはすべて同じ物理アドレス空間を参照していることになる。

【0165】(物理アドレスメモリマップ) (図23(b), 図24(b)) 物理アドレス空間も仮想アドレス空間と同様4Gバイトあり、システム上のすべてのメモリ、I/Oがアクセス可能である。

【0166】PCI I/O、PCI MEM、SYSTEM MEMORYについて
は仮想アドレスメモリマップと同一である。

【0167】kseg1、kseg2はどちらも物理アドレス空間の最初の512Mバイトにマッピングされるので、ROM、I/O、Regは0x00000000からの空間に存在している。

【0168】(Gバスメモリマップ) (図23(c), 図24(c)) Gバスアドレス空間は4Gバイトあり、SYSTEM MEMORY、Gbus MEM、FONTのみがアクセス可能である。

【0169】(I/Oバスメモリマップ) (図23(d), 図24(d)) I/Oバスアドレス空間は4Gバイトあり、PCI I/O、PCI MEM、SYSTEM MEMORY、IOBus1/02、IOBus MEM、FONTのみがアクセス可能である。

【0170】IOBus 1/01はアリミティブなレジスタのため、0x1C000000から0x20000000までの空間はPCIからブロテクトがかけられており、PCIからアクセスできない。

【0171】<アドレススイッチ>アドレススイッチ2003は、Pバス、Gバス、I/Oバス、MCバス間のデータ転送を行なうために、マスターとなるバスからスレーブとなるバスへ、SBB402を経由してアドレス信号を送るためのものである。SBB402を経由する転送において、マスターとなり得るバスは、Pバス、Gバス、I/Oバスであり、スレーブとなり得るバスはI/Oバス、MCバスである。MCバスに対してはPバス、Gバス、I/Oバス、のいずれかがマスターとなり、I/OバスへはPバスのみがマスターとなってアドレス信号を送る。

【0172】また、Pバス-I/Oバス間の転送と、Gバス-MCバス間の転送は同時にに行なうことができる。

【0173】図25に、アドレススイッチ2003のブロック図を示す。スイッチシーケンサ2003aにより、スイッチ2003bを切り替えてスレーブをI/OバスとMCバスとで切り換え、スイッチ2003cを切り替えてマスターをPバス、Gバス、I/Oバスで切り換え

る。この構成により、MCバスに対してはPバス、Gバス、I/Oバスのいずれかがマスターとなり、I/OバスへはPバスのみがマスターとなり、また、Pバス-I/Oバス間の転送と、Gバス-MCバス間の転送は同時に行なうことができる。

【0174】データスイッチングデータスイッチはPバス、Gバス、I/Oバス、MCバス間のデータ転送を行なう際に、SBB内でデータの流れを切り替えるものである。ライト時はマスターからスレーブ、リード時はスレーブからマスターへデータが送られる。

【0175】図26にデータスイッチ2004のブロック図を示す。この構成において、セレクタA-1～A-3及びB-1、B-2を表7のように切り替えることで、Pバス、Gバス、I/Oバスのいずれかをマスターとし、I/Oバス、MCバスのいずれかをスレーブとして、書き込みあるいは読み出しを行うように制御できる。

【0176】

【表7】

Master	Slave	W/R	Dataの流れ	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2
PBus	IOBus	Write	P→IO	b		a	b	b
		Read	IO→P	b				
MCBus	Write	P→MC	b	a		a	a	a
		Read	MC→P	a				
Gbus	MCBus	Write	G→MC	a		b	b	b
		Read	MC→G	a				
IOBus	MCBus	Write	IO→MC	b		b	b	b
		Read	MC→IO	a				

【0177】アビトリエーション>SBB402内のスイッチシーケンサ2003aは、各スイッチを切り替えるにあたって、SBB外部からの以下の3種類の接続要求間のアビトリエーションを行う。

1. CPU
2. Gバスバスマスター
3. I/Oバスバスマスター

このアビトリエーションは、現在のバススイッチ接続状況、及び、あらかじめ設定された優先順位により決定され、その結果アドレススイッチ、データスイッチの接続が切り替えられる。

【0178】タイミングダイアグラム>図27～図32にタイミング図を示す。図27はGバスからの書き込み、読み出しサイクルのタイミング図、図28はGバスのバースト停止サイクルのタイミング図、図29～図32は、Gバスのトランザクション停止サイクルのタイミング図である。

【0179】2. 6. PCIバスインターフェース

図33は、PCIバスインターフェース416のブロック図である。

【0180】PCIバスインターフェース416は、D0～Engin内内部用I/OバスであるI/Oバスと、チップ外部I/OバスであるPCIバスの間をインターフェースするブロックである。人力ピン設定により、リセット時にPCIバスコンフィギュレーション発行可能な、ホストブリッジ構成と、PCIバスコンフィギュレーションは発行しないターゲット構成とを切り替えることができる。

【0181】I/OバスインターフェースのマスタDMAコントローラ3301は、PCIバスシグナルインターフェース3302を介してPCIバスマスターからD0Engi

nne内部のリソースにアクセス要求があった場合に、I/Oバスマスターとしてこのアクセス要求をI/Oバス内部にプリッジする。

【0182】更に、このマスタDMAコントローラ3301は、PCIバス上でマッピングされるメモリからI/OEngineMemoryへのDMA転送を行う事が出来る。この際、プログラマが意図したI/OバスDMAと、GバスDMAのアクセスの順番を守って動作させるために、転送先アドレス(bPciAddr[31:0])と、PCIマスターコントローラ3301のID信号(bPciID)を、I/Oバスとアビトリエーションシーケンサに対して、バスリクエストと同時に発行する。

【0183】マスタDMAコントローラ3301はバスグラント(bPciGrant_L)を受け取り、バスを使用しデータ転送が終了した時点で、ID信号(bPciID)のアサートを取りやめる。

【0184】なお、PCIバスは、33MHz,32ビット,PCI2.1準拠とする。

【0185】2. 7. Gバスアビタ

図34は、Gバスアビタ(GBA)406のブロック図である。

【0186】Gバスのアビトリエーションは、中央アビトリエーション方式であり、各バスマスターに対して専用のリクエスト信号(g(mastername)Req_L)とグラント信号(g(mastername)Gnt_L)を持つ。図34は、masternameはM1～M4となっている。Busアビタ406は、Gバス上のバスマスターを4つまでサポートしており、以下のような特徴を持つ。

・アビタ内部のレジスタ3401aの設定によりアビタをプログラミングすることが出来る。レジスタ設定

は10バスより行なう。

- すべてのバスマスター同じ優先権として、公平にバス権を与える公平アービトレーションモードと、いずれかひとつつのバスマスターの優先権を上げ、優先的にバスを使用させる優先アービトレーションモードがある。どのバスマスターに優先権を与えるかはレジスタ3401bの設定により決定される。

- 優先バスマスターが連続してバスを使用することができる回数を設定することが可能。

- すでにアドレスフェーズを開始したが、データフェーズをまだ開始していないトランザクションについて、そのトランザクションをストップするためのトランザクションストップサイクルをサポート。

- 複数のバスマスターにおける順序処理のプログラミングができる（後述）、プログラムされた順序は、レジスタテーブル3401aに格納される。

- (i)バスマスターと(ii)バスマスターが同一メモリアドレスに順次書き込みを発行した場合に、プログラマの意図したアクセス順序を維持するための機構として、同期ユニットからのマスターID信号、ストップ信号に基づき、特定のマスターに対し、バス使用許可を与えることを保留する機構を持つ。

【0187】なお、レジスタへのプログラミングは、10バスを介してCPU401から行われる。

【0188】(アービトレーションシーケンサ) Gバスアービタの中核となるアービトレーションシーケンサ3402a, bは、1つの優先マスターとその他の4つの非優先マスターの間で5つのマスターによるアービトレーションを行なう。1つのバスマスターからのリクエスト信号とグラント信号を、リクエストディスパッチ回路3403とグラントディスパッチ回路3404によって4つの非優先マスターに割り付けることにより、公平アービトレーションモードが実現される。また、4つのバスマスターのうちのひとつを、高優先アービトレーションシーケンサ3402aの優先マスターに割り付けることで、優先アービトレーションモードとして動作する。これらの割り付けは、レジスタ3401a, bの設定にしたがって行われる。これにより、優先バスマスターは、他のマスターより高い確率でバスの使用権を取得することができる。

【0189】さらに、バスの取得機会確率の調整に加え、高優先シーケンサ3402aに割り当てられたマスターは、連続してバスを使用する事が出来、連続して使用出来る回数をプログラマブルなレジスタにより可変する事ができる。これは、バスの占有率を調整出来、ある特定のマスターにより多くバスを使用させる様に出来ることを意味する。

【0190】(公平アービトレーションモード) このモードでは、すべてのバスマスターは同じ優先順位にあり、バス権を与えられる機会は公平である。バスがフリーの時は、一番最初にリクエストを出したバスマスターがバス

権を得ることができる、また、複数のバスマスターが同時にリクエストを出した場合は、あらかじめ決められた順序にしたがって順次バス権が与えられる（ラウンドロビン方式）、例えば、M1からM4までのすべてのバスマスターが同じクロックでリクエストを出した場合は、M1→M2→M3→M4といった順序でバス権が与えられる。M4のトランザクションの終了時に再びすべてのバスマスターがリクエストを出している場合は、M1→M2→M3→M4→M1→M2…というように、同様の順序でバス権を与えていく。一部のバスマスターがリクエストを出している場合は、M4からM1へラウンドラップするとして、最後にバスを使用したマスターにもっとも近い大きい番号を持ったマスターへグラントを与える。

【0191】一度バス権が他のバスマスターに移ると、他にリクエストを出しているすべてのバスマスターにバス権を与えた後でないと再びバス権を得ることができない。

【0192】(優先アービトレーション) このモードでは、ひとつのバスマスター（レジスタ3401bに登録されたバスマスター）が他のバスマスターよりも高い優先権を持つ優先バスマスターになり、他のバスマスターに比べ優先的にバス権が与えられる。優先バスマスター以外のバスマスターの優先順位はすべて同じである。

【0193】複数のバスマスターがリクエストを出しており、また優先バスマスターが連続したリクエストを行う場合、優先バスマスターと他の非優先バスマスターは交互にバス権を得る。

【0194】非優先バスマスターから他のバスマスターにバス権が移ると、他にリクエストを出しているすべてのバスマスターにバス権を与えた後でないと、その非優先バスマスターは再びバス権を得ることができない。

【0195】(トランザクション・ストップ・サイクル) 優先アービトレーションモードにおいて、優先バスマスターがリクエストを出した時、すでに他のバスマスターがアドレスフェーズを開始していても、データフェーズをまだ開始していないければ、そのトランザクションをストップし、優先バスマスターがバス権を得ることができる。ただし、その直前に優先バスマスターがバス権を持っていた場合は、連続したバス権を得ることができる回数を超えることはできない。

【0196】優先バスマスターのトランザクションが終了した時、中止されたバスマスターがリクエストを出していくれば、優先してバス権が与えられる。

【0197】(優先バスマスターの切り替え) 優先バスマスターの切り替えを行なうには、レジスタ3401bを書き換えるべき、優先バスマスターを選択するレジスタが書き換えられると、その時に実行中のトランザクションの終了を待って、優先バスマスターが切り替えられる。アービタのスタートはアイドル状態にとり、その時点でリクエストを出していたバスマスターは、その時同時にリクエストを出したものとして、あらためてアービトレー

ションが行われる。

【0198】優先バスマスターの切り替えには十分注意を払う必要がある。優先させるべきバスマスターのDMAが終了しないうちに、異なるバスマスターに優先バスマスターを切り替えてしまうと、最初の優先バスマスターの優先度が下がってしまう。もしも最初の優先バスマスターの優先度を下げたくないのであれば、DMAが終了したのを確認してから優先バスマスターの切り替えを行なう必要がある。

【0199】優先バスマスター切り替えを、システムブート時のみでなく、システム稼働中も動的に行う必要のあるソフトウェアでは、優先バスマスターの切り替えは、いったんGバス上に新たなDMAリクエストが発生しないよう、すべてのバスマスター及びDMAコントローラに対する設定を中止し、その後、(Gバスアービタ406内のレジスタに適切な値をセットし、さらに、Gバスアービタ406内のステータスレジスタをチェックし、バスマスターの優先権が切り替わったのを確認した上で新たなGバス上へのアクセス及びDMAの起動を行うべきである。

【0200】優先バスマスターの動的切り替えは、オペレーティングシステムの実時間保証、タスクの優先順位の設定を変化もしくは違反させてしまう可能性があり、十分な考慮の上行われなければならない。

【0201】(順序処理) 図35は、DoEngine 100内におけるGバス404を中心とする、Gバス上のバスマスターによるDMAに係るブロック図である。

【0202】複数のバスマスターが順次に処理を行うことが必要な場合、例えば、メモリ3501上のデータに対して、バスマスター1により処理Aを行った後、バスマスター2により処理Bを行い、その処理後のデータをバスマスター4に送るといった一連の処理を考える。

【0203】この処理を行うソフトウェア、すなわちCPU401により実行されるプログラムにより、10バス405を介して、バスアービタ406内のレジスタテーブル3401aに、バスマスターがバスを使用する順序と、バス権の付与の開始条件と、終了条件がセットされる。この例では、

バスマスター :	開始条件 :	終了条件
1. バスマスター1 :	gM1BufReady	gM1BufEmpty
2. バスマスター2 :	gM2BufReady	gM2BufEmpty
3. バスマスター4 :	gM3BufReady	gM3BufEmpty

というようにセットする。すなわち、Gバスアービタ406は、それぞれのバスマスターから、開始条件として設定された信号を受けるとそのバスマスターにバス使用権を与え、終了条件として設定された信号を受けるとバス使用権を奪う。

【0204】ソフトウェアはそれぞれのバスマスターにDMAをセットする。それによって、それぞれのマスターはGバスアービタ404に対してリクエスト(g(mastername)

Req_L)を発行する。Gバスアービタ404はレジスタテーブル3401aに登録された順序に従ってバスマスター1にバス権を与える(gM1Init_L)。バスマスター1はメモリ3501からある単位のデータをリードし、処理Aを行って、バスマスター1内部のバッファにデータをライトする。バスマスター1はひとつの単位の処理が終了し、バッファの準備ができたことをgM1BufReady信号によりアービタ406に対して通知する。

【0205】アービタ406はそれを受け、レジスタテーブル3401aに登録された、バスマスターがバス権を与える条件とバス権を奪う条件にしたがって、バス権をバスマスター1から奪いバスマスター2に与える。バスマスター2はバスマスター1のバッファのデータをリードし、処理Bを行って、バスマスター2内部のバッファにデータを格納する。この間にバスマスター1のバッファが空になるとgM2BufEmptyがアサートされ、アービタ406はバスマスター2にバス権を与えていたのを取りやめる。バスマスター2は処理Bを行って、バッファの準備ができるとgM2BufReady信号により通知する。

【0206】アービタ406はそれを受け、レジスタ3401aの内容にしたがって、今度はバスマスター4にバス権を与える。バスマスター4はバスマスター2のバッファからデータをリードする。バスマスター2のバッファが空になると、gM2BufEmptyによってアービタ406に通知し、アービタ406はそれを受け、レジスタ3401aの内容に従って再びバスマスター1にバス権を与え、次のデータの処理を始める。

【0207】それぞれのバスマスターにセットされたDMAがすべて終了すると、それぞれのバスマスターはプロセッサに割り込みによって通知する。ソフトウェアはすべてのバスマスターからの終了通知がそろったとき、一連の処理が終了したことを知る。

【0208】以上説明した動作は完全順次モードでの動作であり、順次処理に関わるバスマスター以外のバスマスターは、バスを使用することができない。この順次処理中でも、順次処理に関係のないバスマスターがバスを使用することを可能にするために優先順次モードが用意されている。これらのモードの切り替えではアービタ406内部のレジスタにプログラミングすることによって行なう。優先順次モードでは、順次処理を行なうバスマスターは優先的にバスを使用できるが、順次処理に関わらないバスマスターであればバスを使用することが許される。順次処理を行なうバスマスターと関わらないバスマスターの間のアービトリエーションは、前述した優先アービトリエーションモードと同等である。当然、順次処理に係わるバスマスターで、バス権を与えられる条件が満足されずに自分の順番が回ってきていないバスマスターにはバス権は与えられない。

【0209】(アクセス順序を維持するための機構) 信号stopSpcがアサートされた場合は、Gバスマスターのひ

とつであるスキナプリントコントローラ408はアービトレーションの対象から除外され、たとえリクエストをアサートしていてもバス使用権を与えられることはない。アービトレーションはこのマスタを除外したマスタ間で行われる。詳細な説明は10バスアービタの節で行なう。

【0210】
タイミングダイアグラム図36～図39において、Gバスアービトレーションのタイミングを説明する。図36は、連続してバスを使用する回数が、バスマスター1～4のすべてについて1に設定されている場合の公平アービトレーションモード(フェアモード)の例である。バスマスター1による2回目の(タイミング4から出されている)バス要求は、バス要求を出している他のバスマスターがすべて1回ずつ処理されるまで待たされている。

【0211】
図37は、連続してバスを使用する回数が、バスマスター1についてのみ2であり、他のバスマスターは1に設定されている場合の公平アービトレーションモードの例である。バスマスター1が出している2回目の(タイミング1から出されている)バス要求は1回目の要求に続いて直ちに許可され、他のバスマスターはその処理がすむまで待たされている。

【0212】
図38は、連続してバスを使用する回数がそれぞれ1ずつであり、バスマスター1が優先バスマスターと設定されている場合の優先アービトレーションモードの例である。優先バスマスターと非優先バスマスターとは交互にバス使用権が認められるために、バスマスター1の2回目のバス要求はバスマスター2のバスの使用後に認められており、バスマスター4のバス要求は、バスマスター1の2回目のバスの使用後に認められている。また、バスマスター2の2回目のバス要求は、バス要求を出している他のすべてのバスマスター、図38ではバスマスター1及びバスマスター4のバス使用が終了した後で認められている。

【0213】
図39は、バスマスター1からのバス要求により、バスマスター4のバス要求が許可されているにもかかわらず中断された例である。この場合、バスマスター1のバス使用が終了すると、バスマスター2のバス要求に優先してバスマスター4のバス要求が認められる。

【0214】
2. 8. 10バスアービタ

図40は、10バスアービタ407のブロックである。

【0215】
10バスアービタ407は、DoEngin内部の10汎用バスである10バス405のバス使用要求を受け付け、調停の後、使用許可を選択された一つのマスターに対して与え、同時に2つ以上のマスターがバスアクセスを行う事を禁止する。

【0216】
アービトレーション方式は、3段階のプライオリティを持ち、それぞれのプライオリティに複数のマスターをプログラマブルに割り当てる構成になっている。割り当てには、それぞれ最大で、最高のプライオリティに3マスター、中間に2マスター、最低レベルに3マス

タとなる。

【0217】
また、Gバスマスターと10バスマスターが、同一メモリアドレスに順次書き込みを発行した場合に、プロトコルの意図したアクセス順序を維持するための機構として、同期ユニットからの、マスターID信号、ストップ信号に基づき、特定のマスターに対し、バス使用許可を与えることを保留する機構を持つ。

【0218】
(アービトレーションシーケンサ)
10バスアービタは3つのアービトレーションシーケンサ4002、4003、4004から構成される。それぞれ、高優先権、中優先権、低優先権を持ち、それぞれのシーケンサ内に、3、7、3本のバスマスター用アービトレーションシーケンサが内蔵される。10バス上のすべてのバスマスターになる可能性のあるユニットからのリクエスト信号とそれらへのグラント信号を、リクエストセレクタとグラントセレクタによって、これらの3つのシーケンサユニットに分配する。この分配は、B布スインターフェース4005内のソフトウェアプログラマブルなレジスタ4005aにより、複数の組み合わせのなかから、一意の組み合わせを選択することが出来る。

【0219】
たとえば、最大7つのマスターのリクエストを中優先アービトレーションシーケンサ4003に接続することにより、7つのマスター間で公平なアービトレーションが実現される。また、バスマスターのうちのいくつかを、高優先アービトレーションシーケンサ4002に割り付けることで、これらのマスターは他のマスターより、より高い確率でバスの使用権を取得することが出来る。さらに、いくつかのリクエストを低優先シーケンサ4004に接続することで、これらのバスの使用率を低く抑える事が出来る。さらに、バスの取得機会確率の調整に加え、高優先シーケンサ4002に割り当てられたマスターは、連続してバスを使用する事ができ、連続して使用出来る回数をプログラマブルなレジスタ4005aにより可変する事ができる。これは、バスの占有率を調整でき、ある特定のマスターにより多くの時間バスを使用させる様に出来る事を意味する。

【0220】
(公平バスアービトレーション方式)
中優先シーケンサ4003を例にとり、公平アービトレーションの実現方法を説明する。一つのシーケンサに接続されたすべてのバスマスターは同じ優先順位にあり、バス権を与えられる機会は公平である。バスがフリーの時は、一番最初にリクエストを出したバスマスターがバス権を得ることができる(ファーストカムファーストサーブ)。また、複数のバスマスターが同時にリクエストを出した場合は、あらかじめ決められた順序にしたがって順次バス権が与えられる(同時リクエスト発行時ラウンドロビン)。例えば、M1からM7までのすべてのバスマスターが同じクロックでリクエストを出した場合は、M1→M2→M3→M4→M5→M6→M7といった順序でバス権が与えられる。M7のトランザクションの終了時に再

びすべてのバスマスターがリクエストを出している場合は、M1→M2→M3→M4→M5→M6→M7→M1→M2というように、同様の順序でバス権を与えていく。一部のバスマスターがリクエストを出している場合は、M7からM1へラウンドラップするとして、最後にバスを使用したマスターにもっとも近い大きい番号を持ったマスターへグランツを与える。

【0221】(優先アービトレーション) IOバスインターフェースは、高優先、中優先、低優先の3つのアービトレーションシーケンサが存在する。優先順位をつけたアービトレーションは、複数のバスリクエストを選択的に、高優先、低優先、のアービタに割り振ることにより実現される。

【0222】たとえば、ひとつのマスターを高優先に割り当て、残りを中優先に割り当てるにより、ひとつのバスマスターが他のバスマスターよりも高い優先権を持つ優先バスマスターになり、他のバスマスターに比べ優先的にバス権が与えられる。同じ優先権のアービトレーションシーケンサに割り当てられたバスマスターの優先順位はすべて同じである。

【0223】複数のバスマスターがリクエストを出しておらず、また優先バスマスターが連続してリクエストを行う場合、優先バスマスターと他のバスマスターは交互にバス権を得る。M3が優先マスターでM1, M2, M3, M4がリクエストを出し続けた場合M3→M1→M3→M2→M3→M4→M3→M1の順でバス使用権を与える。

【0224】また、高優先バスマスターは、アービタ内のプログラムブルなレジスタにあらかじめ設定された回数だけ連続したバス権を得ることができる。連続したバスを使用出来る回数は最大で4回である。

【0225】優先バスマスター以外のバスマスターから他のバスマスターにバス権が移ると、そのバスマスターは、他にリクエストを出しているすべてのバスマスターにバス権を与えた後でないと再びバス権を得ることができない。ひとつのバスマスターが連続してリクエストを行う場合、他にリクエストを行っているバスマスターがいなければ、連続してバス権を得ることができるが、他のバスマスターがリクエストを行っていれば、そのバスマスターはあらかじめ設定された回数だけ連続してバス権を得ることができる。一度バス権が他のバスマスターに移ると、他にリクエストを出しているすべてのバスマスターにバス権を与えた後でないと再びバス権を得ることができない。

【0226】低優先アービトレーションシーケンサ4004には最大3本のリクエストを割り当てる事が出来る。低優先シーケンサ4004に割り当てられたマスターへは、中優先、高優先シーケンサに割り当てられた、すべてのマスターのリクエストがなくならないと、バスの使用権が与えられない。このシーケンサへのバスマスターの割り当ては十分な注意を持って行われなければならない。

【0227】(優先バスマスターの切り替え) 優先バスマスターの切り替えを行なうには、アービタ内のレジスタを書き換える必要がある。優先バスマスターを選択するレジスタが書き換えられると、その時に実行中のトランザクションの終了を待って、優先バスマスターが切り替えられる。アービタのステートはアイドル状態にもちり、その時点でリクエストを出していたバスマスターは、その時同時にリクエストを出したものとして、あらためてアービトレーションが行われる。

【0228】切り替えには十分注意を払う必要がある。優先させるべきバスマスターのDMAが終了しないうちに、異なったバスマスターに優先バスマスターを切り替えてしまうと、最初の優先バスマスターのDMAの優先度が下がってしまう。もしも最初の優先バスマスターの優先度を下げたくないのであれば、DMAが終了したのを確認してから優先バスマスターの切り替えを行なう必要がある。

【0229】優先バスマスター切り替えを、システムブート時のみでなく、システム稼働中も動的に行なう必要のあるソフトウェアでは、優先バスマスターの切り替えは、いったんIOバス上に新たなDMAリクエストが発生しないよう、すべてのバスマスター及びDMAコントローラに対する設定を中止し、その後、IOバスアービタ407内のレジスタに適切な値をセットし、さらに、IOバスアービタ内のステータスレジスタをチェックし、バスマスターの優先権が切り替わったのを確認した上で新たなIOバス上へのアクセス及びDMAの起動を行うべきである。

【0230】優先バスマスターの動的切り替えは、オペレーティングシステムの実時間保証、タスクの優先順位の設定を変化もしくは、違反させてしまう可能性があり、十分な考慮の上行われなければならない。

【0231】(アクセス順序制御機構) IOバスアービタ407はアクセス順序制御機構を含む。アクセス順序制御機構は、同期ユニット4001と、IOバスアービタ407, Gバスアービタ406内に組み込まれたバス使用権発行抑制機構によって実現される。IOバスアービタ407内に組み込まれたバス使用権発行抑制機構は、Gバスアービタのそれと同様に動作する。つまり、stopPci信号が入力された場合は、Pciバスマスターからのバスリクエストが発行され、アービトレーションの結果、このマスターにバスの使用権を与えることが可能な状態でも、バスの使用権発行は行わず、他のマスターへバス使用権をあたえる。具体的には、stopPci信号が入力された場合は、直ちにbPciReq_Lをマスクすることにこれを行う。

【0232】LANコントローラ414からのバスリクエストおよび、ストップ信号の場合もまったく同様に動作する。図41に同期ユニット4001のブロック図を示す。同期ユニット内には複数のDMAマスター間すべての組み合わせに関して、それぞれコンペアユニット4101～4103が接続される。DoeEngineでは、Gbu

s.上のDMAマスターはスキャナ／プリンタコントローラ408のみ存在する。IOバス上には、DMAPCIユニット、LANユニットの二つが存在する。SBH内のIOバスインターフェースはIOバス上のバスマスターであるが、メモリには直接アクセスしないので、同期ユニット4001にはIDと転送先アドレスを出力しない。

【0233】図42に同期ユニット内の一コンペアユニット(Comparation Unit, 1)を以下に示す。他のコンペアユニットも同様の構成を有する。

【0234】PCIインターフェース4116に付属するDMAブロックもしくは、スキャナ／プリンタコントローラ408から、同期ユニット4001に対し、DMAライトがプログラミングされた時点で、転送先のアドレスとそのDMAブロック固有のリクエスト信号が通知される。

【0235】各コンペアユニットは、各DMAブロックからリクエストが出力された時点で、アドレスを内部に持つタイマによる現在時刻とともに記憶する、次に他のDMAブロックから、DMAライトに関するアドレスとリクエストが人力された時点で、コンペアユニットは両アドレスを比較する。一致した場合にはさらに、それぞれのレジスタに格納された時間を比較し、時間的に後からDMAライトの要求を出してきたDMAブロックが接続されたバスのバスアービタに対し、このマスターに対するバス使用強化を与えないようにする。これは、stop(ID)という信号により各バスのバスアービタに通知される。

【0236】各バスアービタはstop(ID)信号により通知されたマスターに対しては、アービトレーションによるバス使用権の割り当てを行わない。

【0237】時間が経過し、先にアクセス要求を行ったバスマスターにより当該メモリアドレスへのDMAライトが終了すると、先のマスターは、同期ユニットに対するリクエストを取り下げる。同期ユニットは、2番目にDMAライトの要求を出した、DMAブロックの接続するバスのバスアービタに対し、このDMAブロックへの、バス使用権許可禁止信号の発行をとりさげる。そして、後からDMAライトを行うべきマスターのDMAライトが行われる。

【0238】双方のDMAライトが終了し、双方のリクエストが取り下げられると、タイマーがリセットされる。タイマーのカウントアップは再度どちらかのマスターからのリクエストが出力された時点で再度行われる。

【0239】2.9.スキャナ／プリンタコントローラ図43は、スキャナ／プリンタコントローラ408のブロック図である。

【0240】图において、スキャナ／プリンタコントローラ408は、VideoI/Fによってスキャナおよびプリンタと接続され、内部バスGバスおよびIOバスにインターフェースするブロックである。大別して以下の8つのブロックから構成される。

1. スキャナ制御ユニット4303…ビデオI/Fを介してスキャナの動作制御を行う。

2. プリンタ制御ユニット4304…ビデオI/Fを介してプリンタの動作制御を行う。

3. スキャナ系画像処理ユニット4305…スキャナから入力される画像データに対して画像処理を行う。

4. プリンタ系画像処理ユニット4308…プリンタに出力する画像データに対して画像処理を行う。

5. スキャナ／ビデオ同期ユニット4306…スキャナから入力する画像データに対して、入力の同期タイミングを生成する。

6. プリンタ／ビデオ同期ユニット4307…プリンタに出力する画像データに対して、出力タイミングを生成する。プリンタとスキャナが同期可能な組み合わせの場合、スキャナ／ビデオ同期制御ユニット4306とともにコピー動作のビデオタイミングを生成する。

7. データ転送制御ユニット4302…データ転送の動作制御を行う。DMA動作ではマスターおよびスレーブの両動作をサポートする。

8. Gバス/IOバスインターフェースユニット4301…GバスおよびIOバスとスキャナ、プリンタコントローラを接続するインターフェースユニットである。データ転送制御ユニット4302とバスによって接続される。

【0241】<スキャナ／ビデオ同期制御ユニット4306>図44にスキャナ／ビデオ同期制御ユニット4306のブロック図を示す。

【0242】(スキャナ／ビデオ同期制御ユニットの概要)スキャナ／ビデオ同期制御ユニット4306は、スキャナから入力される画像データの垂直同期信号(SV SYNC)、水平同期信号(SHSYNC)、画像データ同期クロック(SVCLK)により、画像データの取り込みタイミング信号、画像処理のためのタイミング信号、転送バッファであるFIFOへ書き込みタイミング信号(SCFWR)を生成する。

【0243】また、画像データの主走査方向の遅延、取り込みピクセル数、副走査方向の遅延、取り込みライン数を管理する、設定量の画像データ取込を終了したタイミングでの状態信号(SALLEND)を生成する。ラインカウンタ4401は副走査方向の遅延と取り込みライン数を管理して、画像読み取り有効ラインの垂直同期信号(SEFSYNC)を生成する。ピクセルカウンタ4402は主走査方向の画像取り込み遅延と取り込み画素数を管理する。取り込んだ画像データをDFOに格納するための書き込みタイミング信号(SCFWR)を生成する。ページカウンタ4403は人力される画像データページ単位で管理する。設定されたページ数分の画像データ入力を終了すると、終了信号(SALLEND)を生成する。

【0244】ラインカウンタ4401、ピクセルカウンタ4402、ページカウンタ4403の各設定値はコントロールレジスタ4310によって読み書きされる。

・ライトデータ : I FW DATA[31:0]
 ・リードデータ : I FR DATA[31:0]

・ラインカウンタライト信号 : SLC SET
 ・ラインカウンタリード信号 : SL CRD

・ピクセルカウンタライト信号 : SPC SET

・ピクセルカウンタリード信号 : SPC RD

・ページカウンタライト信号 : SPAGE SET

・ページカウンタリード信号 : SPAGERD

<プリント／ビデオ同期制御ユニット4307>図45は、プリント／ビデオ同期制御ユニット4307のブロック図である。

【0245】(プリント／ビデオ同期制御ユニットの概要)プリント／ビデオ同期制御ユニット4307は、プリンタから入力される画像データの垂直同期信号(PV SYNC)、水平同期信号(PH SYNC)、画像データ同期クロック(PV CLK)により、画像データの取り込みタイミング信号、画像処理のためのタイミング信号、転送バッファである FIFOからの読み出しタイミ

・ライトデータ : I FW DATA[31:0]

・リードデータ : I FR DATA[31:0]

・ラインカウンタライト信号 : PLC SET

・ラインカウンタリード信号 : PL CRD

・ピクセルカウンタライト信号 : PPC SET

・ピクセルカウンタリード信号 : PPC RD

・ページカウンタライト信号 : PPAGE SET

・ページカウンタリード信号 : PPAGERD

<スキャナFIFOコントローラ4311>図46は、スキャナFIFOコントローラのブロック図である。スキャナFIFOコントローラ4312(図43参照)は、スキャナから入力された画像データをGバスもしくはI/Oバスを介して転送するためのバッファとしてのFIFOと、そのFIFOをコントロールする回路を含む。容量1024バイト、データ幅24ビット(R, G, B各8ビット)の2系統のFIFO4602, 4603を備える。これらのFIFOは、Gバス/I/Oバスのデータ転送動作とスキャナからの画像データ入力動作を交互に行うダブルバッファとして動作する。FIFOのデータ入出力は、スキャナFIFOセレクタ4601がFIFOのフルフラグ(F F)とエンプティーフラグ(E F)により制御する。

【0248】<プリンタFIFOコントローラ4312>図47は、プリンタFIFOコントローラ4312(図43)のブロック図である。プリンタFIFOコントローラ4312は、プリンタへ出力する画像データをGバスもしくはI/Oバスを介して転送するためのバッファとしてのFIFOと、そのFIFOをコントロールする回路を含む。容量1024バイト、データ幅24ビット(R, G, B各8ビット)のFIFOを2系統備える。これらは、Gバス/I/Oバスのデータ転送動作とプリンタへの画像データ出力動作を交互に行うダブルバッファ

ング信号(PRFRD)を生成する。

【0246】また、画像データの主走査方向の遅延、取り込みピクセル数、副走査方向の遅延、取り込みライン数を管理する。設定量の画像データ取り込みを終了したタイミングでの状態信号(PLEND)を生成する。ラインカウンタ4501は副走査方向の遅延と出力ライン数を管理して、画像出力有効ラインの垂直同期信号(PVFSYNC)を生成する。ピクセルカウンタ4502は主走査方向の画像出力遅延と出力画素数を管理する。出力画像データを FIFOから読み出すための読み出しタイミング信号(PRFRD)を生成する。ページカウンタ4503は出力数画像データをページ単位で管理する。設定されたページ数分の画像出力が終了すると、終了信号(PALLPEND)を生成する。

【0247】ラインカウンタ4501、ピクセルカウンタ4502、ページカウンタ4503の各設定値はコントロールレジスタ4310によって読み書きされる。

一として動作する。FIFOのデータ入出力は、プリンタFIFOセレクタ4701がFIFOのフルフラグ(F F)とエンプティーフラグ(E F)により制御する。

【0249】スキャナプリンタコントローラ408は、スキャナとプリンタとを同期動作させ、コピー動作をおこなうために、図43に示すように、スキャナデータを直接プリンタへ出力するデータバスを備える。また、スキャナからの入力データとプリンタへの出力データをFIFOにより同期させるデータバスも備える。それらのデータバスはスキャナとプリンタのデータ入出力の同期関係で選択可能とする。

【0250】<データ転送制御ユニット4302>図48は、データ転送制御ユニット4302のブロック図である。データ転送制御ユニット4302は、Lバスへのデータの入出力を制御するブロックで、チェインコントローラ4801、マスターDMAコントローラ4802、転送アービタ4803等を含む。

【0251】データ転送制御ユニットは、マスターとしては以下の動作を制御する。

1. スキャナからの画像データDMA転送およびチェインテーブル参照

2. プリンタへの画像データDMA転送およびチェインテーブル参照

スレーブとしては以下の動作を制御する。

1. 内部レジスタのライト・リード
2. スキャナからの画像データ転送
3. プリンタへの画像データ転送

(チキンコントローラ) 図4-9は、チキンコントローラ4801のブロック図である。チキンコントローラは、チキンテーブルを示すアドレスポインタブロックとDMAの転送先を示すアドレスポインタブロックから構成される。スキャナ、プリンタコントローラがマスターとしてDMAを行際の転送先アドレス発生ブロックであり、チキンDMAをサポートする。スキャナデータ転送、プリンタデータ転送の2系統が独立して動作する。

【0252】・Iバス/Gバス/I/Oバスインターフェースユニットとデータ転送ユニットを接続するスキャナ、プリンタコントローラ内のローカルなバスである。次のような信号を含む。なお、以下、信号の入出力は、データ転送制御ユニット4302からGバス/I/Oバスインターフェースユニット4301に出力する信号をOUT、Gバス/I/Oバスインターフェースユニット4301からデータ転送制御ユニット4302に入力する信号をINで示す。

- ・IFCLK (IN) … Iバスの基本クロック
- ・IFRDATA[63:0] (OUT) … データ転送制御ユニットからGバス/I/Oバスインターフェースユニットに出力される(64ビットのデータバスである。データ転送制御ユニットがマスターとスレーブのどちらの動作においても使用される)。

- ・IFWDATA[63:0] (IN) … Gバス/I/Oバスインターフ

エースユニットからデータ転送制御ユニットに出力される64ビットのデータバスである。データ転送制御ユニットがマスターとスレーブのどちらの動作においても使用される。

- ・IFMDTREQ (OUT) … データ転送制御ユニットがマスターとしてデータ転送の要求とデータおよびアドレスの有効状態を示す。“High”でデータの転送要求とアドレスバスIFMAD[3:12]の有効状態を示す。

- ・IFMAD[31:2] (OUT) … データ転送制御ユニットがマスター動作時、目的アドレスを示すアドレスバス。IFMDTRQ信号がアクティブ状態“High”で有効なアドレスを出力する。

- ・IFMRW (OUT) … データ転送制御ユニットがマスター動作時、データの入出力を示す信号。“High”的ときデータ転送制御ユニットはIFWDATA[63:0]からデータを入力する。“Low”的ときデータ転送制御ユニットはIFRDATA[63:0]にデータを出力する。

- ・IFMDTACK (IN) … データ転送制御ユニットがマスター動作時、IFMDTREQに対する応答信号、Gバス/I/Oバスインターフェースユニットから出力される。“High”的ときIFRDATA[63:0]またはIFWDATA[63:0]が有効データであることを示す。

- ・PRIOR[3:0] (OUT) … データ転送制御ユニットがマスター動作時、データ転送の優先度を示す。優先度は表8のように定義される。

【0253】

【表8】

PRIOR3	PRIOR2	PRIOR1	PRIOR0	優先度
1	1	1	1	高い ↑
1	1	1	0	
:				
0	0	0	1	↓
0	0	0	0	低い

【0254】・MTSIZE[2:0] (OUT) … データ転送制御ユニットがマスター動作時、転送の単位サイズを示す。この単位サイズの転送中、IFMDTREQは“High”的アクティ

ブ状態のままとなる。サイズは表9のように示される。

【0255】

【表9】

MSIZE2	MSIZE1	MSIZE0	転送単位サイズ
1	1	1	64bit × 64
1	1	0	64bit × 48
1	0	1	64bit × 32
1	0	0	64bit × 16
0	1	1	64bit × 4
0	1	0	64bit × 2
0	0	1	64bit
0	0	0	32bit

【0256】・IFSDTREQ (IN) … データ転送制御ユニ

ットがスレーブ動作時、Gバス/I/Oバスインターフェ

ースユニットからのデータ転送要求とデータおよびアドレスの有効状態をしめす。“High”でデータ転送要求とアドレスバス[IFSAH[6:2]]の有効状態を示す。

・IFSAH[6:2] (IN) … データ転送制御ユニットがスレーブ動作時、目的アドレスを示すアドレスバス。IFSDTR EQ信号がアクティブ状態“HIGH”で有効なアドレスを出力する。

・IFSRW (IN) … データ転送制御ユニットがスレーブ動作時、データの入出力を示す信号。“High”的ときデータ転送制御ユニットはIFRDATA[63:0]にデータを出力する。“Low”的ときデータ転送制御ユニットはIFWDATA[63:0]からデータを入力する。

・IFSDTACK (OUT) … データ転送制御ユニットがスレーブ動作時、IFSDTREQに対する応答信号。データ転送制御ユニットから出力される。“High”的ときIFRDATA[63:0]またはIFWDATA[63:0]が有効データであることを示す。

・STSIZE (IN) … データ転送制御ユニットがスレーブ動作時、Gバス/I/Oバスインターフェースユニットからのデータ幅を示す。“High”でIFRDATA[63:0]またはIFWDATA[63:0]が有効となる。“Low”でIFRDATA[31:0]またはIFWDATA[31:0]が有効となる。

【0257】(Gバス/I/Oバスインターフェースユニット)図50は、(Gバス/I/Oバスインターフェースユニット)4301のブロック図である。Gバス/I/Oバスインターフェースユニットは、コピーエンジン内部の内部バス(Lバス)と外部バス(Gバス/I/Oバス)とのインターフェース部分である。このユニットは、他の機能ブロックで使われるよう実現されるが、本実施の形態ではコピーエンジンが使用する。なお、コピーエンジンとは、スキャナ・プリンタコントローラ408及びそれにより制御されるスキャナとプリンタとを含めた総称である。

【0258】(Gバス/I/Oバスインターフェースユニット)は、大きくバスセレクタユニット、I/Oバスコントローラ5002、Gバスコントローラ5003の三つの部分から構成される。

【0259】バスセレクタユニット5001は、コピーエンジンがDMAマスターの時には、Lバスのバースト転送可能な転送量、優先度(緊急度)、転送先のアドレスと、さらに各バス(GバスとI/Oバス)の空き情報を基にして、動的にバスの選択を行い、対応するコントローラ(Gバスコントローラ5003かI/Oバスコントローラ5002)に、多少の前処理を施してLバスを接続する。コピーエンジンがDMAスレーブの時には、各バス(GバスとI/Oバス)からの要求を調停し、優先順位の高いバスとLバスを接続する。

【0260】Gバスコントローラ5003とI/Oバスコントローラ5002は、Lバスと対応するバス(GバスとI/Oバス)のバスの変換を行う。以下に、各部の説明

をする。

【0261】コピーエンジンは、Gバス/I/Oバスの両方のバスに対してDMA可能なDMAマスターであり、Gバス/I/Oバスインターフェースユニット4301は、DMA転送する際に使用するバスを決定する。従来のシステムでは、転送先(アドレス)によりバスを切り替えていたが、各バスの転送速度や使用率等を考慮しなければ、システム全体として良い性能が得られない。

【0262】バスセレクタユニット5001は、Lバスのバースト転送可能な転送量、優先度(緊急度)、転送先のアドレスと、さらに各バス(GバスとI/Oバス)の空き情報を基にして、動的に効率的なバスの選択を行い、対応するコントローラ(Gバスコントローラ5003かI/Oバスコントローラ5002)に、多少の前処理を施して、Lバスを接続する。

【0263】Gバスコントローラ5003とI/Oバスコントローラ5002は、Lバスと対応するバス(GバスとI/Oバス)同期ユニットへ、書き込みアドレスと機能ブロック(ここでは、コピーエンジン)のIDを送り出す。以下に、各部の説明をする。

【0264】(バスセレクタユニット)図51は、バスセレクタユニット5001のブロック図である。その動作を以下に説明する。

【コピーエンジンのマスター時の動作】コピーエンジンがマスターの場合は、主に、バスセレクタユニットのLバスマスター・シーケンサ5101で制御される。Lバスマスター・シーケンサ5101は、コピーエンジンからIFMDTR EQ(マスターデータ要求信号)を受けることにより、コピーエンジンのマスター動作の要求を知る。

【0265】コピーエンジンは、IFMDTREQアサートとともに、IFMAD[31:2](マスター転送アドレス信号)、MTS IZE[2:0](マスター転送長信号)、IFMRW(マスター・リード・ライト信号)をバスセレクタユニット5001に出力する。転送アドレスはアドレスカウンタ5102に、転送長は長さカウンタ5103に、それぞれラッチされる。

【0266】Lバスマスター・シーケンサ5101は、外部バスへの転送を開始する時点でGバスを使用するか、I/Oバスを使用するかを、アドレスカウンタ、長さカウンタ、プライオリティ、各バスのビジー状態から決定する。アドレスカウンタの下位ビット5がすべて0ではない場合、あるいは長さカウンタが64ビット×4未満の場合、Gバスでの転送是不可能なので、I/Oバスを選択する。それ以外は、高プライオリティかつGバスが使用中かつI/Oバスが空いている、という場合を除き、Gバスを選択する。外部バスへの転送サイクルを終了した時点で、アドレスカウンタ5102と長さカウンタ5103を更新し、長さカウンタが0でなければ、上記の動作を繰り返す。バスの選択の基準を表10に示す。

【0267】

【表10】

アドレスカウンタ [4:0] = 0 & 長さカウンタ ≥ 64bit × 4		プライオリティ	バスの状態		選択するバス
			IOバス	Gバス	
No	—	—	—	—	IOバス
Yes	低 い	—	—	—	Gバス
	高 い	Ready	Ready	—	Gバス
		Ready	Busy	—	IOバス
		Busy	Ready	—	Gバス
		Busy	Busy	—	Gバス

【0268】コピーエンジンから外部バスへの転送では、Lバスマスタークーンサ5101は、データFIFO5104がフルでない限り、コピーエンジンへIFMDATA信号をアサートし、転送データを要求し、得たデータをF1FO5104に書き込む。また、データF1FOがエンブティでない限り、外部バスコントローラ（IOバスコントローラ5002かGバスコントローラ5003）へマスター転送要求信号（LbMReqかLgMReq）をアサートし、データ転送を要求する。外部バスコントローラ（IOバスコントローラかGバスコントローラ）は、データF1FO5104のデータを転送し、転送終了で、マスター転送通知信号（LbMAckかLgMAck）をアサートするので、Lバスマスタークーンサ5101は、外部バスへの転送の終了を知ることができる。

【0269】外部バスからコピーエンジンへの転送では、Lバスマスタークーンサ5101は、データFIFOがフルでない限り、外部バスコントローラ（IOバスコントローラかGバスコントローラ）へマスター転送要求信号（LbMReqかLgMReq）をアサートし、データ転送を要求し、データをデータFIFOに書き込み、データF1FOがエンブティでない限り、コピーエンジンへIFMDACK信号をアサートし、転送データを要求し、得たデータF1FOのデータを書き込む。

【0270】（IOバスコントローラ）図52は、IOバスコントローラ5002のブロック図である。

【0271】IOバスコントローラ5002は、LバスとIOバスのインターフェース部分である。

【0272】IOバスマスタークーンサ5201は、IOバスマスター時の動作を、IOバススレーブクーンサ5202は、IOバススレーブの時の動作を、それぞれ制御する。

【コピーエンジンのマスター時の動作】バスセレクタユニット5001からのLbMReq信号のアサートにより、データ転送は開始される。転送の方向は、LbMReq信号と同時にアサートされるバスセレクタユニット5001からのLbMRdNotWr信号により決まる。転送のサイズは、LbMR信号と同時にアサートされるバスセレクタユニット5001からのLbBstCnt[1:0]信号により決まる。また、転送のアドレスはLbMReq信号と同時にアサートされるバスセレクタユニット5001からのLbMAddr[31:2]信号により決まる。

【0273】IOバスからの転送（LbMRdNotWr信号が0の時）は、読み込み用データF1FOがフルであれば（bfIFifoFullがアサート）、フルでなくなるのを待ち、IOバスマスタークーンサは、決められたIOバスの転送を開始し、得たデータは、バスセレクタユニット5001のデータF1FOに書き込む。

【0274】IOバスへの転送（LbMRdNotWr信号が1の時）は、書き込み用データF1FOがエンブティであれば（bfIFifoEmptyがアサート）、エンブティでなくなるのを待ち、IOバスマスタークーンサは、決められたIOバスの転送を開始し、バスセレクタユニット5001のデータF1FOから得たデータをIOバス上に送る。

【0275】（Gバスコントローラ）図53は、Gバスコントローラ5003のブロック図である。

【0276】Gバスコントローラ5003は、LバスとGバスのインターフェース部分である。

【0277】Gバスマスタークーンサ5301は、Gバスマスター時の動作を、Gバススレーブクーンサ5302は、Gバススレーブの時の動作を、それぞれ制御する。

【コピーエンジンのマスター時の動作】バスセレクタユニット5001からのLbMReq信号のアサートにより、データ転送は開始される。転送の方向は、LbMReq信号と同時にアサートされるバスセレクタユニット5001からのLbMRdNotWr信号により決まる。転送のサイズは、LbMR信号と同時にアサートされるバスセレクタユニット5001からのLbBstCnt[1:0]信号により決まる。また、転送のアドレスはLbMReq信号と同時にアサートされるバスセレクタユニット5001からのLbMAddr[31:2]信号により決まる。

【0278】Gバスからの転送（LbMRdNotWr信号が0の時）

時)は、読み込み用データ FIFOがフルであれば(gbFifoFullがアサート)フルでなくなるのを待ち、Gバスマスタークエンサは、決められたGバスの転送を開始し、得たデータは、バスセレクタユニット5001のデータ FIFOに書き込む。

【0279】Gバスへの転送(LgMrdNotWr信号が1の時)は、書き込み用データ FIFOがエンプティであれば(bkFifoEmptyがアサート)、エンプティでなくなるのを待ち、Gバスマスタークエンサは、決められたGバスの転送を開始し、バスセレクタユニット5001のデータ FIFOから得たデータをGバス上に送る。

【0280】2. 10. 電力管理ユニット

図54は、電力管理ユニット409のブロック図である。

【0281】DoEngineはCPUを内蔵した大規模なASICである。このため、内部のロジックが全部同時に動作してしまうと、大量の熱を発生し、チップ自体が破壊されてしまう恐れがある。これを防ぐために、DoEngineは、ブロック毎の電力の管理、すなわちパワーマネジメントを行ない、更にチップ全体の消費電力量の監視を行なう。

【0282】パワーマネジメントは、それぞれのブロックが各自個別に行なう、各ブロックの消費電力量の情報は、パワーマネジメントレベルとして、電力管理ユニット(PMU)409に集められる。PMU409では、各ブロックの消費電力量を合計し、その値が限界消費電力を超えないように、DoEngineの各ブロックの消費電力量を一括して監視する。

【0283】**<動作>**電力管理ブロックの動作は次の通りである。

- ・各ブロックは、4段階のパワーマネジメントレベルを持つ。

- ・PMUは、それぞれのレベルにおける消費電力の値をレジスタとして持つ。このレベル構成及び消費電力の値は、PM構成レジスタ5401に保持される。

- ・PMUは、各ブロックからパワーマネジメントレベルを2ビットのステータス信号として受け取り(後述)、レジスタ5401に設定された値と照合させて各ブロックの消費電力を知る。

- ・PMUは各ブロックの消費電力を加算器5403で計算し、DoEngine全体の消費電力量をリアルタイムに計算する。

- ・算出された消費電力量は、構成レジスタ5401に設定された消費電力のリミット値(PMリミット)と比較器5404で比較され、これを超えた場合には割込発生器5405から割り込み信号を発行する。

- ・このリミット値は2段階設定することができる。1段階目は、本当の限界から少し余裕を持たせた値を設定しておく。この値を超えると、通常の割込み信号が発行される。ソフトウェアはこれを受けて、新たにブロックを

起動するような転送は始めないようにする。ただ、2段階目のリミット値に達しない範囲内では、ソフトウェアの管理の元で、新たなブロックを起動することができる。2段階目のリミット値は、デバイスが破壊される恐れのある値を設定しておく。万が一、この値を超えてしまった時には、NM1(割込マスクが設定できない割り込み)を発行して安全のためにシステムを停止させる。

- ・割込み信号は、PMUの状態レジスタ5402をリードすることで解除される。この状態レジスタ5402をリードした時点からタイマカウントを始め、タイマがエクスパイアするまで消費電力量が戻らなければ、再び割込み信号を発行する。このタイマの値の設定はPMUの構成レジスタ5401に設定される。

【0284】**<各ブロックのパワーマネジメント>**各ブロックのパワーマネジメント制御は、ブロック毎に自由に構成してよい。構成例の例を示す。

【0285】(構成例1)この例では、内部ロジックへのクロックをオン／オフすることにより、パワーマネジメントを行なっているので、消費電力のレベルは2段階しか持っていない。このレベルをステータス信号として電力管理ユニット409に送る。図55にバスエージェントのブロック図を示す。

- ・バスエージェント5501は、各ユニット毎の内部ロジック5502、アドレスをデコードするデコーダ5503、クロックコントロール部5504、クロックゲート5505を含む。

- ・デコーダ5503とクロックコントロール部5504は常に動作しており、パワーマネジメントコントロールとして、バスのアクティビティーの監視、内部ロジックへのクロックのゲーティングを行なっている。

【0286】**<クロックコントロール>**

- ・バスエージェントは、バスのアクティビティーを検出し、クロックのオン／オフを自動で行なう。

- ・バスエージェントには、Sleep, Wake Up, Waitの3つのステートがある。

- ・Sleepはバスエージェントにアクティビティーがない、クロックゲートクロックを停止させている状態である。

- ・Sleepの状態でも、デコーダ部5503、クロックコントロール部5504は動作しており、バスをモニタリングして、要求を待っている。

- ・デコーダ部5503が自分のアドレスを検出すると、クロックゲート5505を開き、内部ロジックのクロックを動作させ、バスの要求に応える。ステートはWake Upに移行する。また、この状態を電力管理ユニット409に通知する。

- ・データ転送が終了すると、Waitステートに移行し、次の要求を待つ。この時クロックは動作したままである。要求があれば、Wake Upステートに戻り、転送を行なう。また、要求を待っている間はタイマによりカウント

を行ない、要求がないままカウンタがタイムアップした場合は、Sleepステートへ移り、クロックを停止させる。この状態も電力管理ユニット409に通知される。

【0287】以上のようにして、消費電力が所定値を超えないように管理している。

【その他の構成例】図9及び図10で示したキャッシュの動作手順は、図56及び図57のようなものであってもよい。

【0288】図56においては、MCバスよりデータ転送が開始されると、その最初にMCバスで示されるmTT Type [60:0]によってその転送をキャッシュオンで行うかオフで行うか判断される。ここでは、転送がバースト転送の時、そのバースト転送データ量がキャッシュの1ラインのデータ量より大か小かによって判断する。なお、キャッシュの1ラインは256ビット=4バースト分である。

【0289】図56において、メモリコントローラは転送の開始でmTT Type [3:0]をチェックし、mTT Typeが示すバースト長が1/2/4であれば、キャッシュオンで動作し、6/8/16/2×16/3×16/4×16の場合はキャッシュオフで動作する。キャッシュオンあるいはオフ後の動作は、図9及び図10と同様である。

【0290】また、図58及び図59のように、デバイスによってキャッシュのオンオフを切り替えることができる。図58において、メモリコントローラは転送の開始でmTT Type [6:4]をチェックすることにより転送要求デバイスを識別し、そのデバイスの転送要求をキャッシュオンで動作するか、オフで動作するかを判断するために、あらかじめ設定されている構成レジスタの値を参照し、キャッシュオンで動作するか、オフで動作するか決定する。キャッシュオンあるいはオフ後の動作は、図9及び図10と同様である。構成レジスタの設定は、ハードウェア的に決定（変更不可）しても良いし、ソフトウェアで書き換えることも可能にしてよい。

【0291】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、DMAを連続して行う場合に、ソフトウェアがバスマスターが変わることなく、最初に一括してソフトウェアがバスアービタにDMAの開始させる条件と終了させる条件とを設定しておき、バスマスターにもDMAの設定を行っておくことで、後はバスアービタが順序をコントロールしながら一連の処理を行うことができる。これにより、処理毎のソフトウェアの介入が必要なくなる。また、いちいちメモリに書き戻す必要がないため、データがバスを使用する回数が少なくなり、全体としての処理速度が向上する。

【0292】また、クロスバススイッチにより要求に応じて接続するバスを切り替え、最適なバスを選んでデータの転送を行なうことができる。さらに、バスの構成を柔

軟にし、更にマスターとスレーブとが重複しないのであれば、複数のバスの接続を並列に行えるようにして、バスの使用効率を向上させることができる。

【0293】また、複数のバスのそれぞれに接続されたバスマスターについて、それらがバスの使用権を得た順にメモリにアクセスするように制御することができる。そのため、時間経過に伴う処理順序を適正に保つことができる。

【0294】また、転送速度が高速なバーストモードではキャッシュを用いず、シングルモードでキャッシュを使用するため、キャッシュされた大量のデータが無駄になる事態を防止してキャッシュの使用効率を向上させ、メモリへのデータ転送速度が向上する。

【0295】また、各バスマスターが使用するバスを、バスの使用状況やバス要求の優先度、バスの性能、転送するデータがバスに適合するか否かなどを動的に決定して選択するため、バスの効率を向上させることができる。

【0296】また、回路の各ブロックの動作状態を監視して消費電力を抑制し、さらに、予備的な警告と危険な事態とで別々に割込み信号で通報するため、大量の熱の発生を抑制し、装置の熱による破壊を防止することができる。

【0297】

【図面の簡単な説明】

【図1】DoEngineを用いた装置あるいはシステムの構成例の図である。

【図2】DoEngineを用いた装置あるいはシステムの構成例の図である。

【図3】DoEngineを用いた装置あるいはシステムの構成例の図である。

【図4】DoEngineのブロック図である。

【図5】キャッシュメモリコントローラの3つのステートを示す図である。

【図6】インターフェクトコントローラ410のブロック図である。

【図7】メモリコントローラ403のブロック図である。

【図8】キャッシュコントローラ706を中心とする詳細なブロック図である。

【図9】MCバスよりメモリリード/ライト転送が要求された場合のキャッシュの動作を示すフローチャートである。

【図10】MCバスよりメモリリード/ライト転送が要求された場合のキャッシュの動作を示すフローチャートである。

【図11】ROM/RAMコントローラ707の構成を示す図である。

【図12】CPUからのバースト読み出しのタイミングを示すタイミング図である。

【図13】CPUからのバースト書き込みのタイミング

を示すタイミング図である。

【図14】Gバスデバイスからのバースト読み出しのタイミングを示すタイミング図である。

【図15】Gバスデバイスからのバースト書き込みのタイミングを示すタイミング図である。

【図16】メモリフロントキャッシュにヒットした場合のシングル読み出しのタイミングを示すタイミング図である。

【図17】メモリフロントキャッシュにヒットしなかった場合のシングル読み出しのタイミングを示すタイミング図である。

【図18】メモリフロントキャッシュにヒットした場合のシングル書き込みのタイミングを示すタイミング図である。

【図19】メモリフロントキャッシュにヒットしなかった場合のシングル書き込みのタイミングを示すタイミング図である。

【図20】システムバスブリッジ(SBB)402のブロック図である。

【図21】IOバスインターフェースのブロック図である。

【図22】Gバスインターフェース2006のブロック図である。

【図23】仮想メモリマップ、物理メモリマップ、Gバスのアドレス空間でのメモリマップ、IOバスのアドレス空間でのメモリマップの図である。

【図24】レジスタ等を含む図23における斜線部の12メガバイトを示すマップの図である。

【図25】アドレススイッチ2003のブロック図である。

【図26】データスイッチ2004のブロック図である。

【図27】Gバスからの書き込み／読み出しサイクルのタイミング図である。

【図28】Gバスのバースト停止サイクルのタイミング図である。

【図29】Gバスのトランザクション停止サイクルのタイミング図である。

【図30】Gバスのトランザクション停止サイクルのタイミング図である。

【図31】Gバスのトランザクション停止サイクルのタイミング図である。

【図32】Gバスのトランザクション停止サイクルのタイミング図である。

【図33】PCIバスインターフェース416のブロック図である。

【図34】Gバスアービタ(GBA)406のブロック図である。

【図35】DoeEngine400内におけるGバス404を中心とする、Gバス上のバスマスターによるDMAに

係るブロック図である。

【図36】連続してバスを使用する回数が、バスマスター1～4のすべてについて1に設定されている場合の公平アービトレーションモード(フェアモード)の例を示す図である。

【図37】連続してバスを使用する回数が、バスマスター1についてのみ2であり、他のバスマスターは1に設定されている場合の公平アービトレーションモードの例を示す図である。

【図38】連続してバスを使用する回数がそれぞれ1ずつであり、バスマスター1が優先バスマスターと設定されている場合の優先アービトレーションモードの例を示す図である。

【図39】バスマスター1からのバス要求により、バスマスター4のバス要求が許可されているにもかかわらず中断された例を示す図である。

【図40】IOバスアービタ407のブロック図である。

【図41】同期ユニット4001のブロック図である。

【図42】同期ユニット内の一つコンペアユニットの図である。

【図43】スキャナ／プリンタコントローラ408のブロック図である。

【図44】スキャナ／ビデオ同期制御ユニット4306のブロック図である。

【図45】プリンタ／ビデオ同期制御ユニット4307のブロック図である。

【図46】スキャナFIFOコントローラのブロック図である。

【図47】プリンタFIFOコントローラ4312のブロック図である。

【図48】データ転送制御ユニット4302のブロック図である。

【図49】チキンコントローラ4801のブロック図である。

【図50】Gバス/IOバスインターフェースユニット4301のブロック図である。

【図51】バスセレクタユニット5001のブロック図である。

【図52】IOバスコントローラ5002のブロック図である。

【図53】Gバスコントローラ5003のブロック図である。

【図54】電力管理ユニット409のブロック図である。

【図55】バスエージェントのブロック図である。

【図56】MCバスよりメモリリード／ライト転送が要求された場合のキャッシュの動作の他の例を示すフローチャートである。

【図57】MCバスよりメモリリード／ライト転送が要

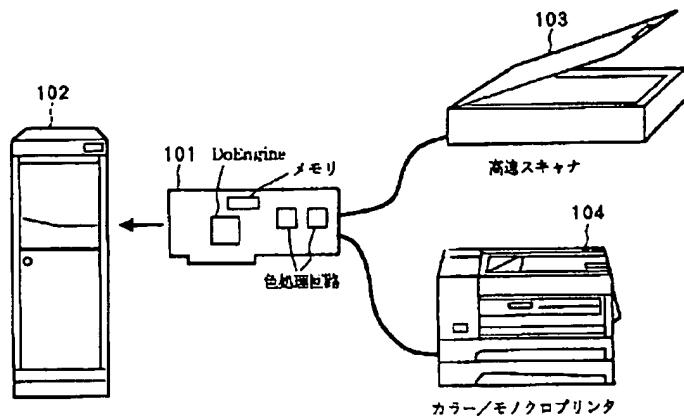
求された場合のキャッシュの動作の他の例を示すフローチャートである。

【図58】MCバスよりメモリリード／ライト転送が要求された場合のキャッシュの動作の他の例を示すフロー

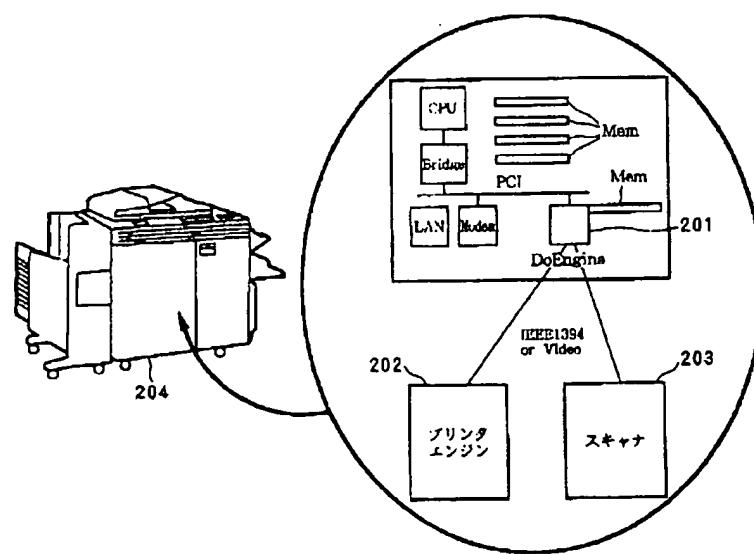
チャートである。

【図59】MCバスよりメモリリード／ライト転送が要求された場合のキャッシュの動作の他の例を示すフローチャートである。

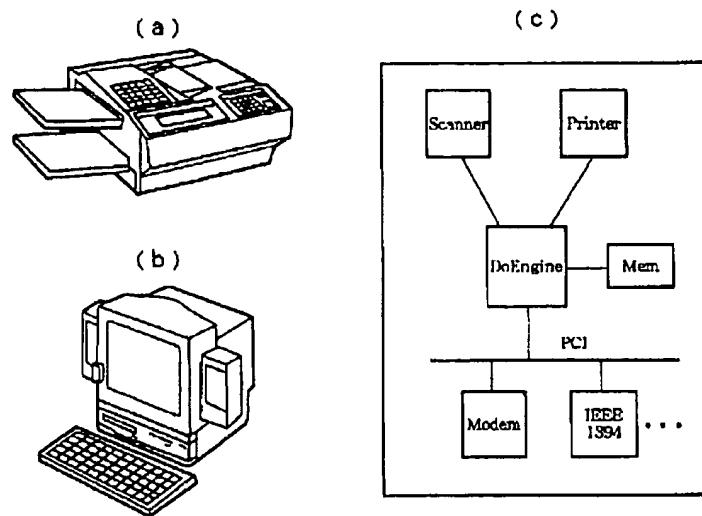
【図1】



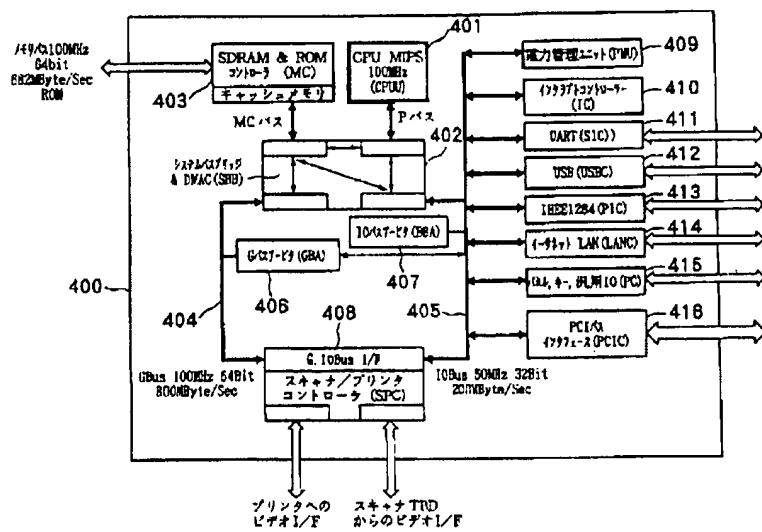
【図2】



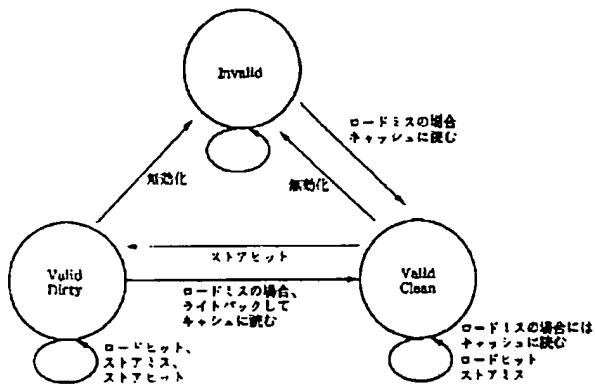
〔図3〕



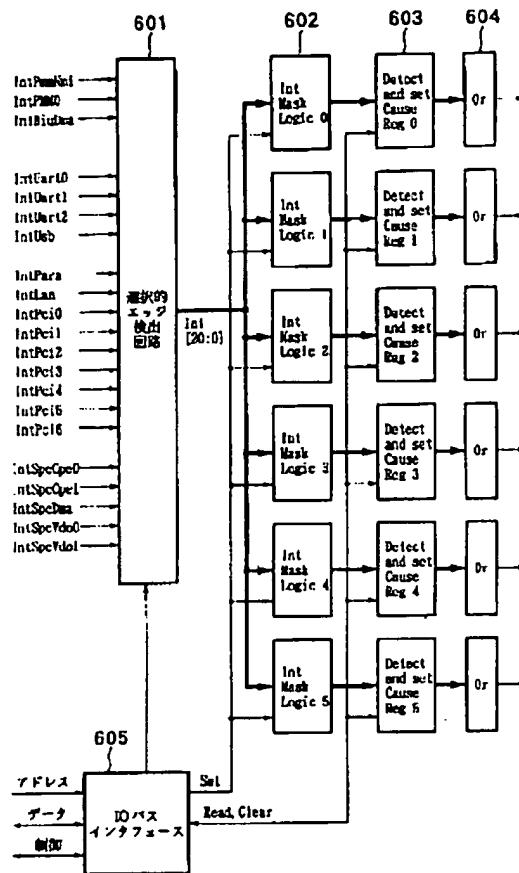
[※4]



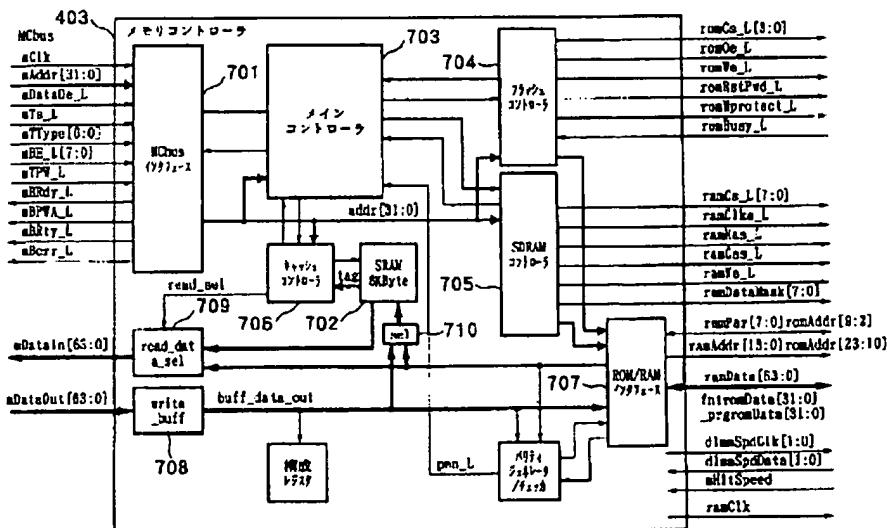
【図5】



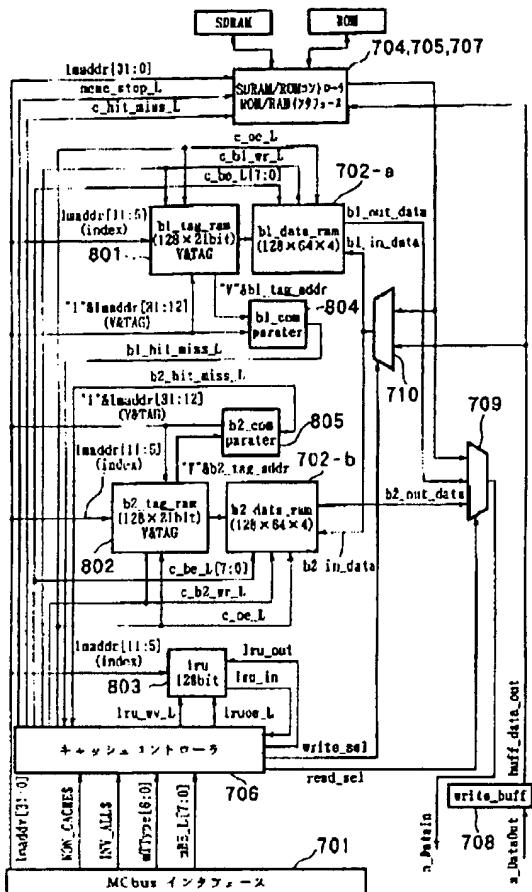
〔四六〕



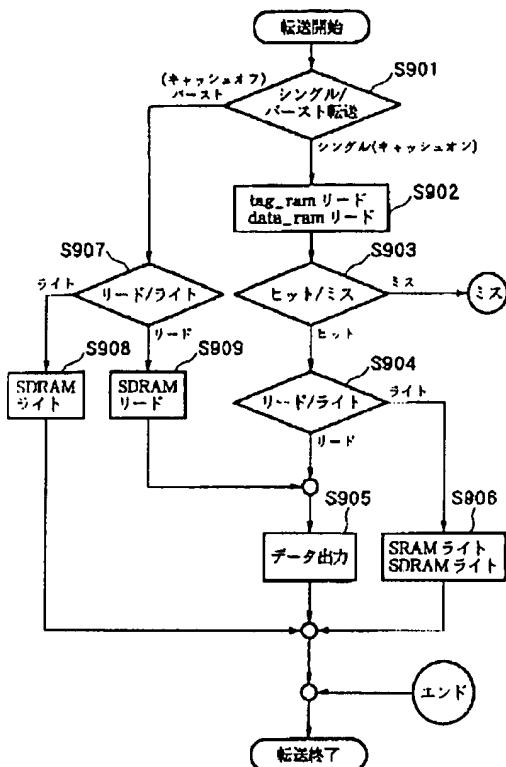
【図7】



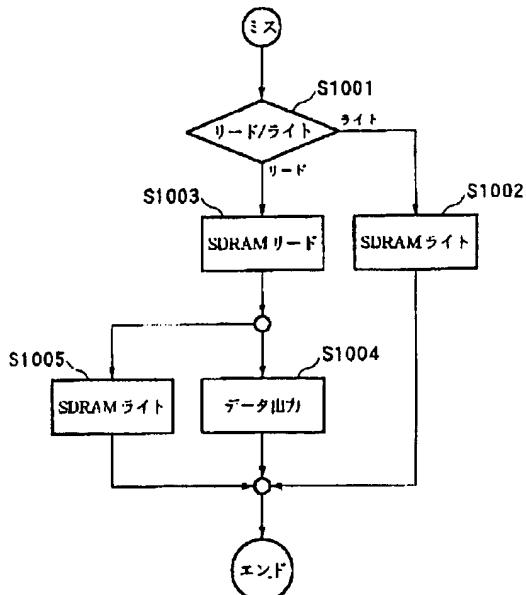
【図8】



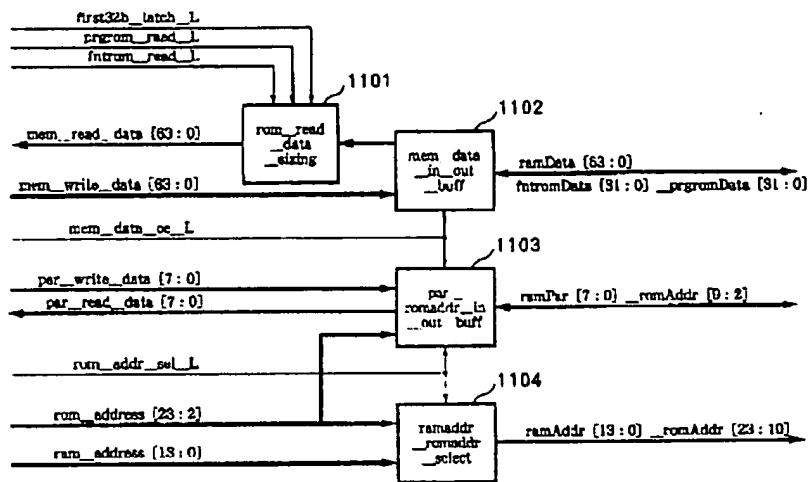
【図9】



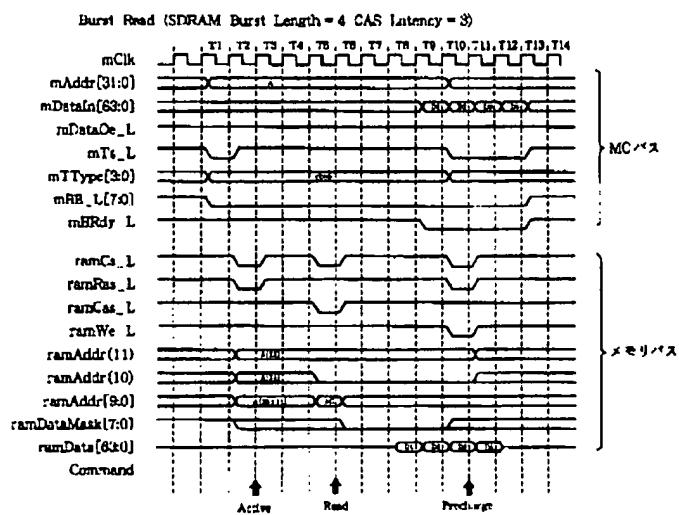
【図10】



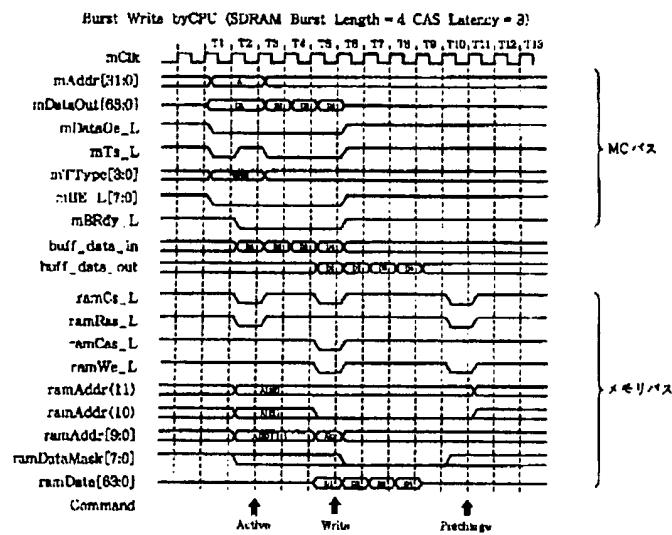
[図11]



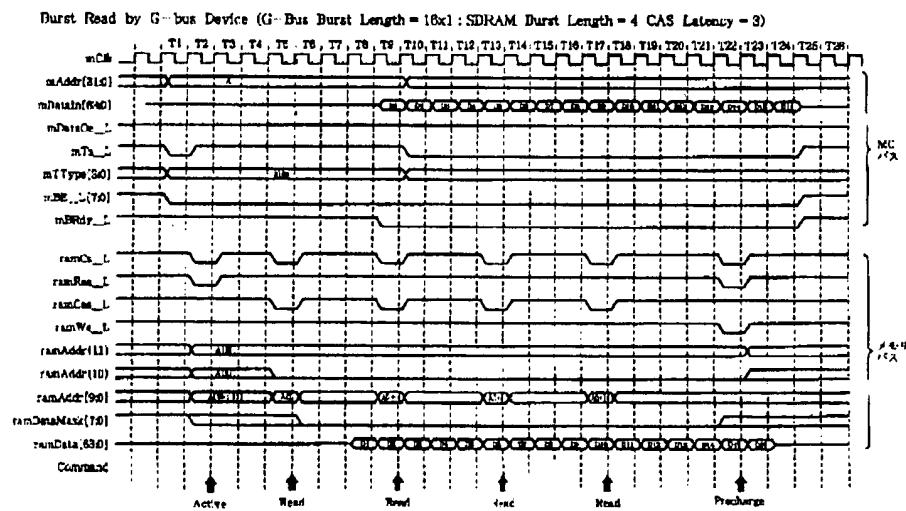
[図12]



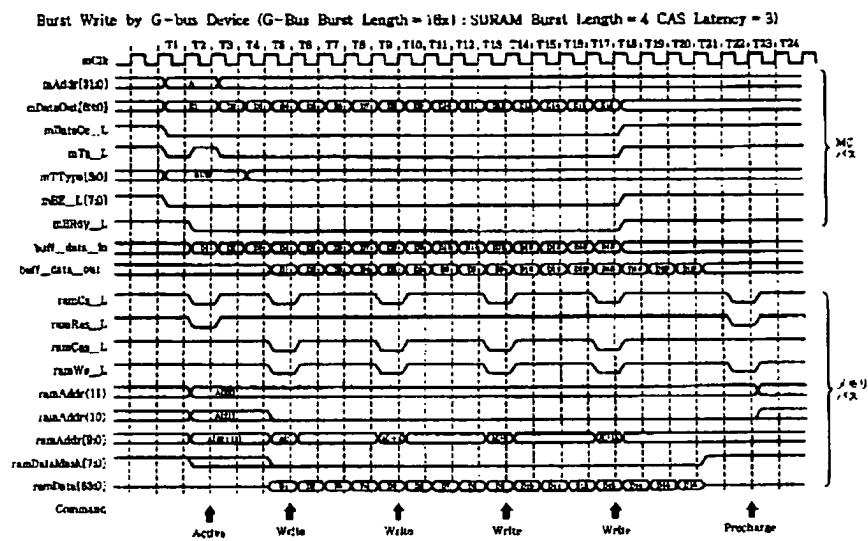
【図13】



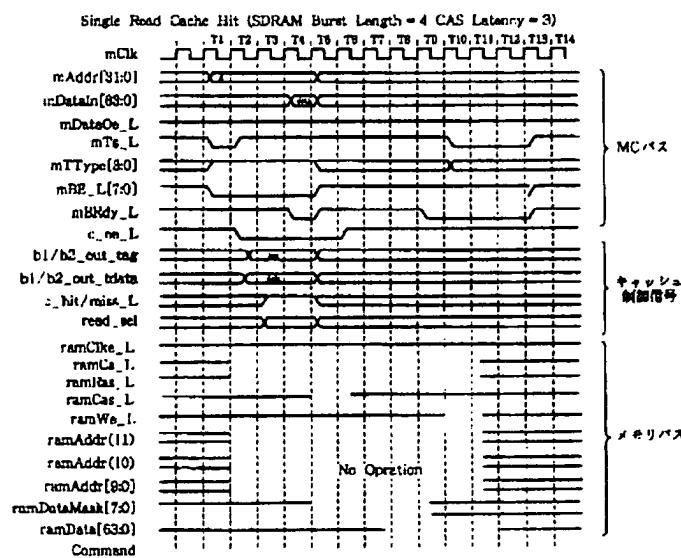
【図14】



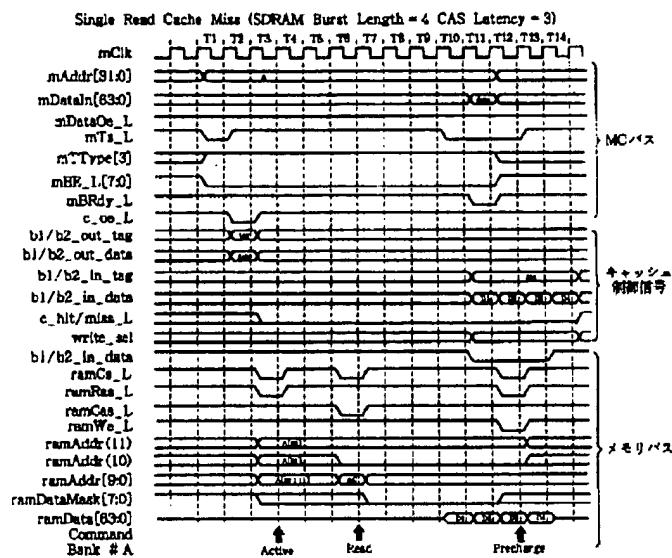
[図15]



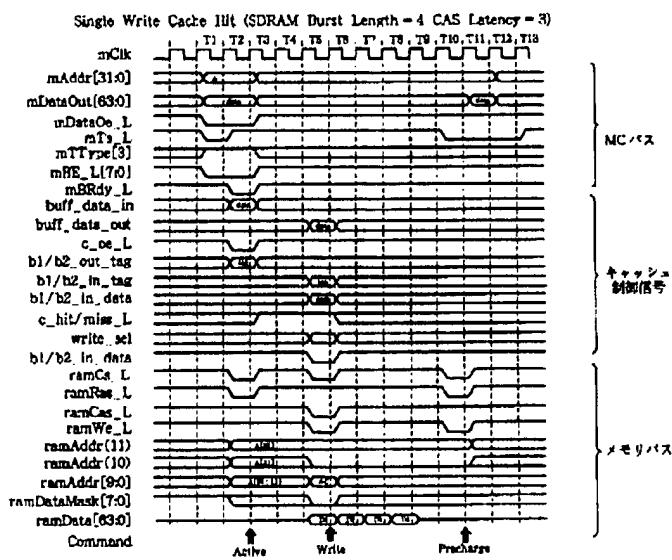
[図16]



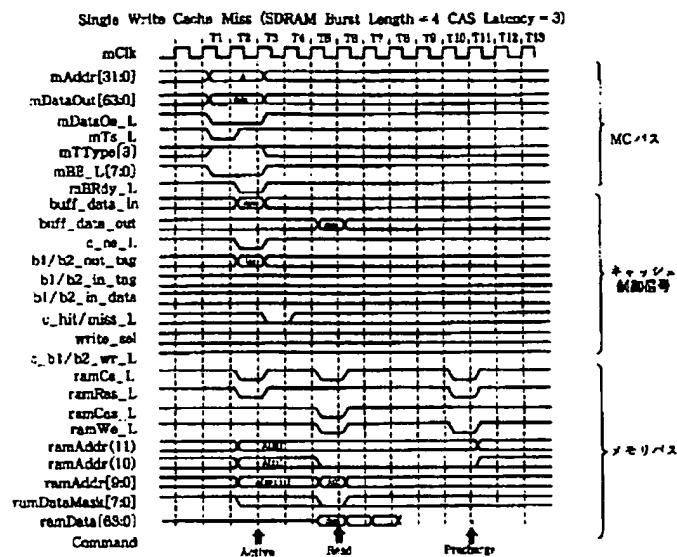
【図 17】



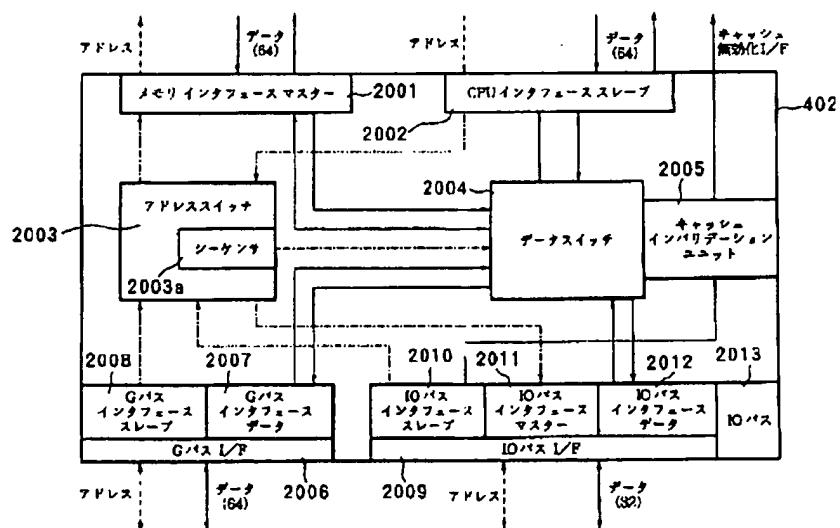
【図 18】



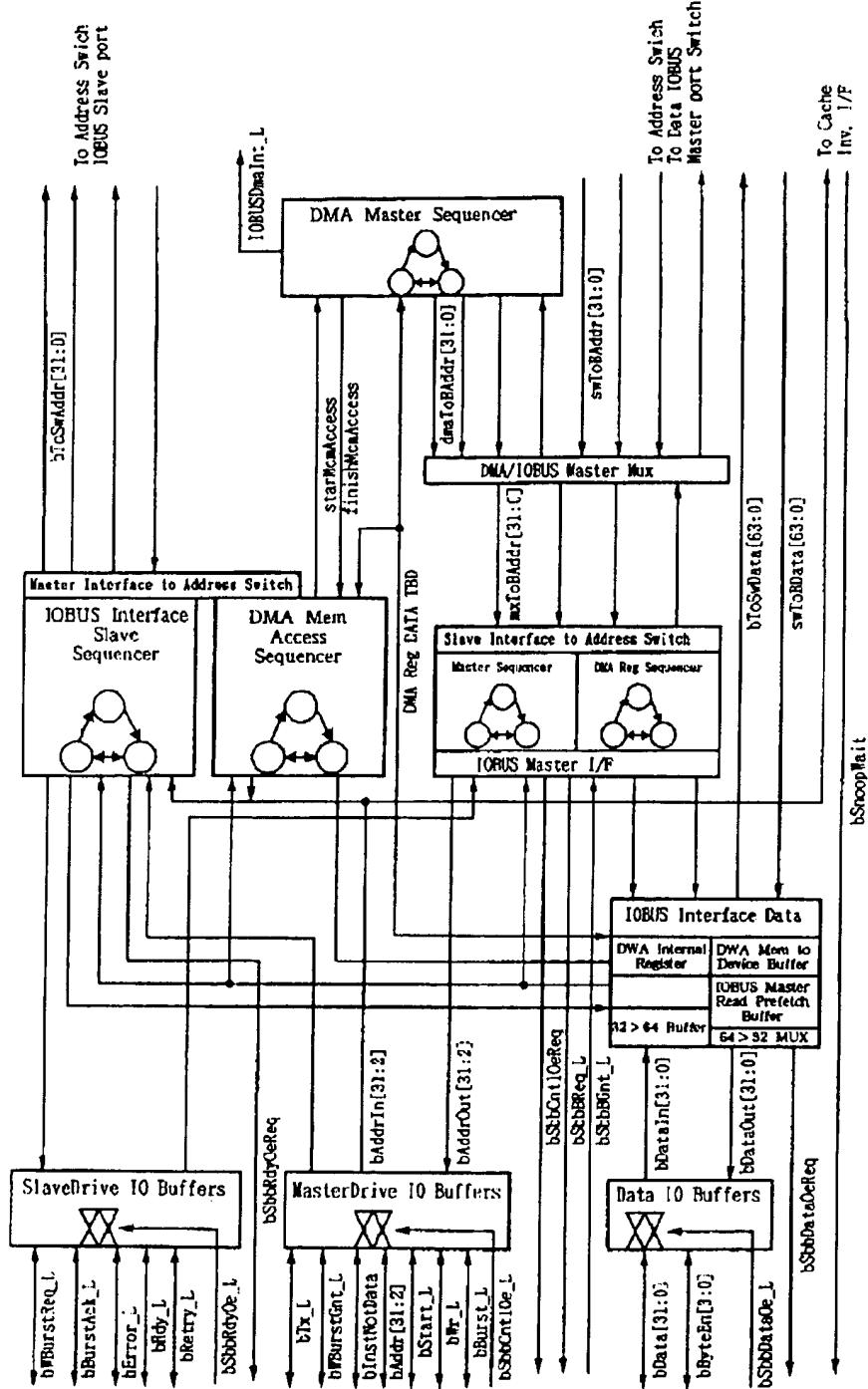
【図19】



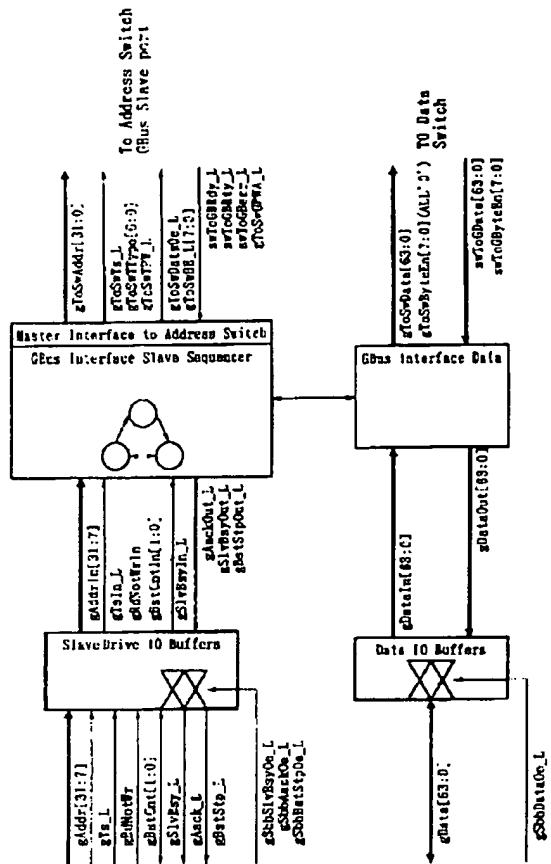
【図20】



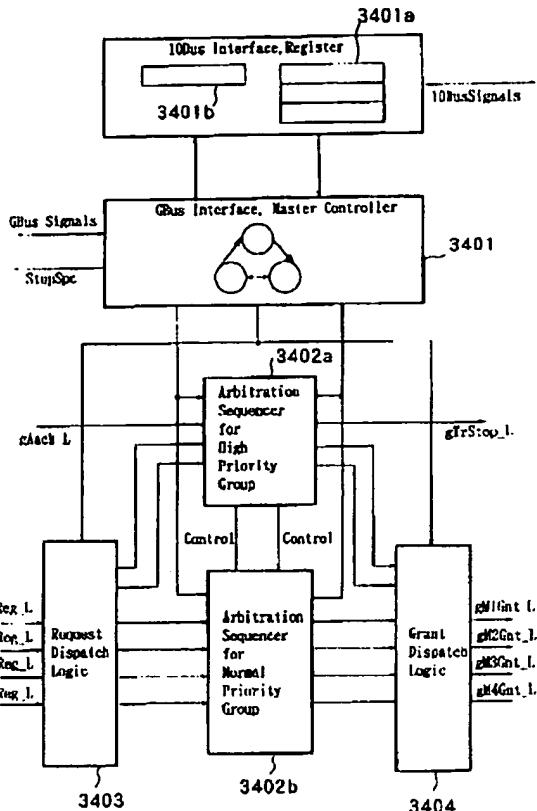
〔图21〕



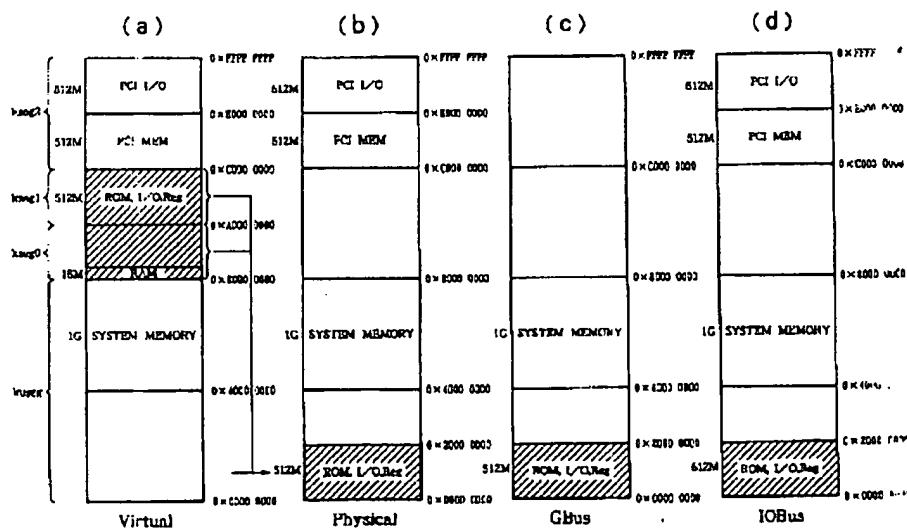
〔図22〕



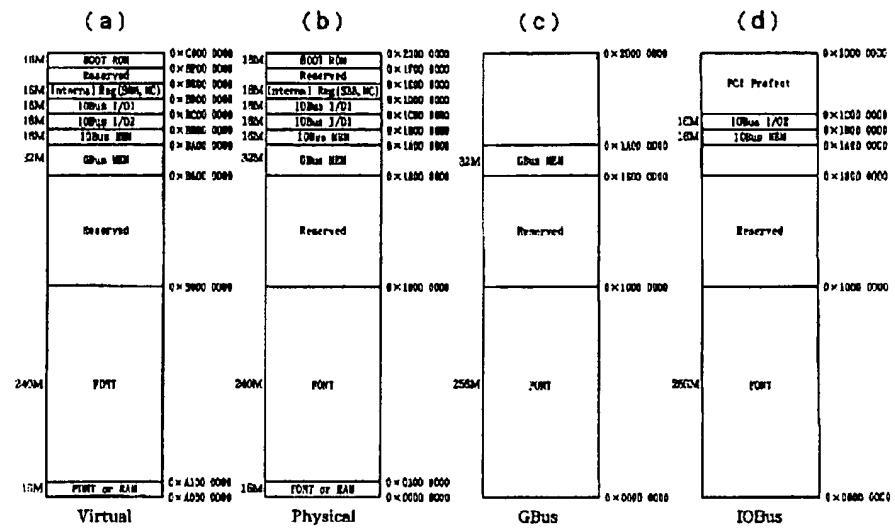
〔図34〕



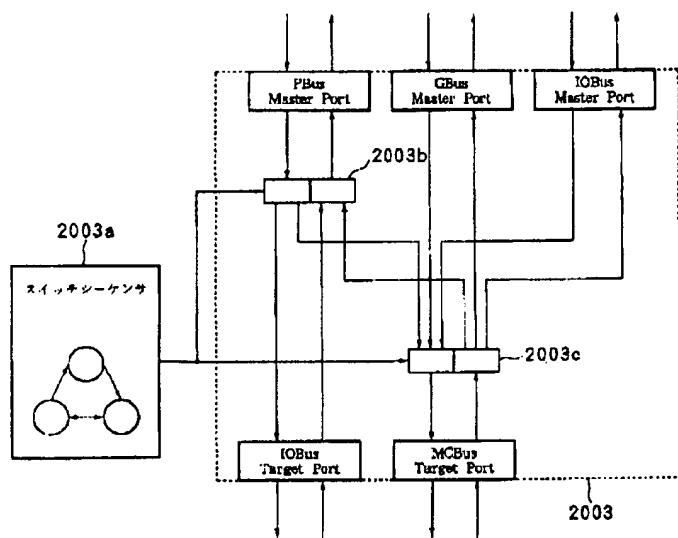
【图23】



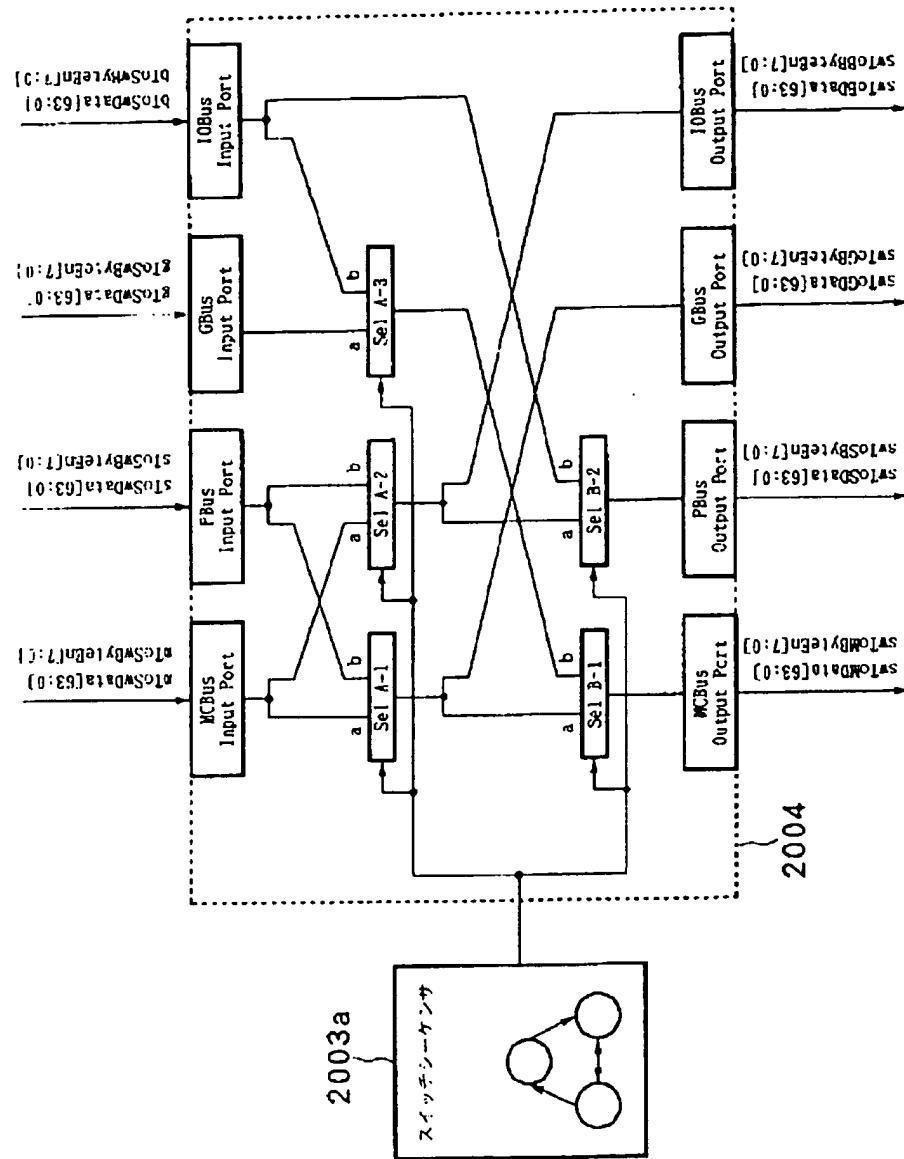
【図 24】



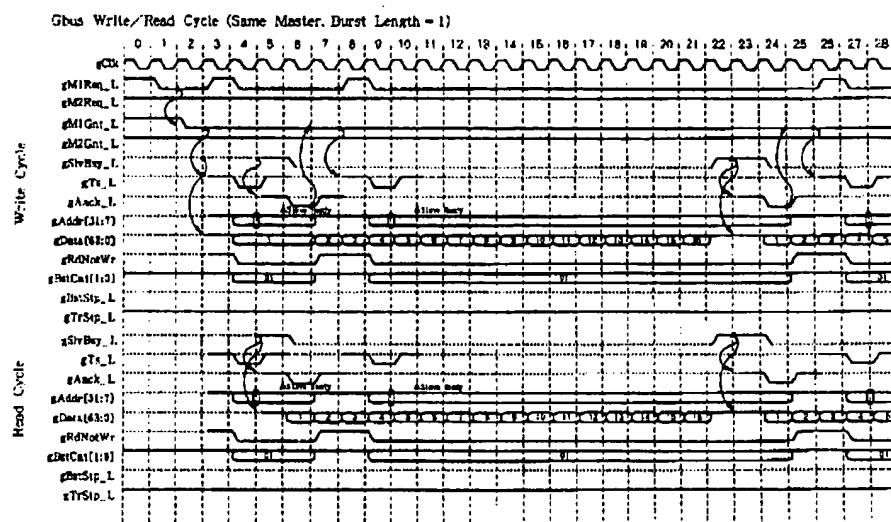
【図 25】



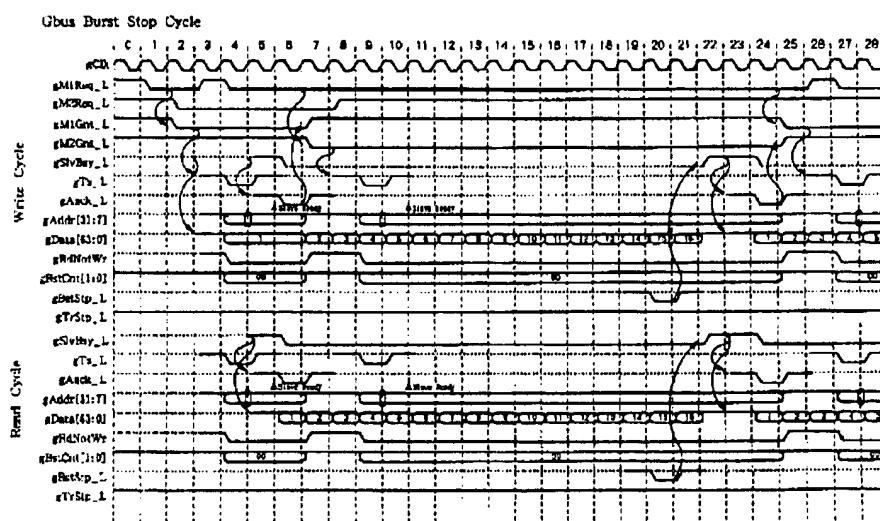
【図26】



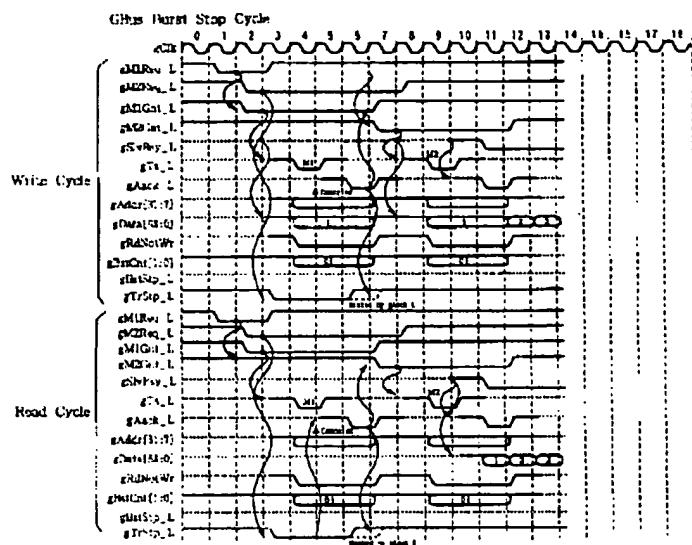
【図27】



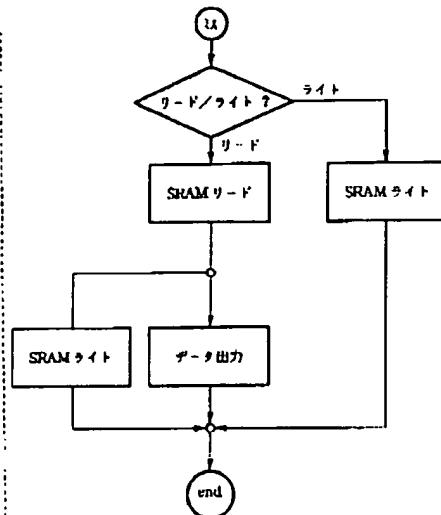
【図28】



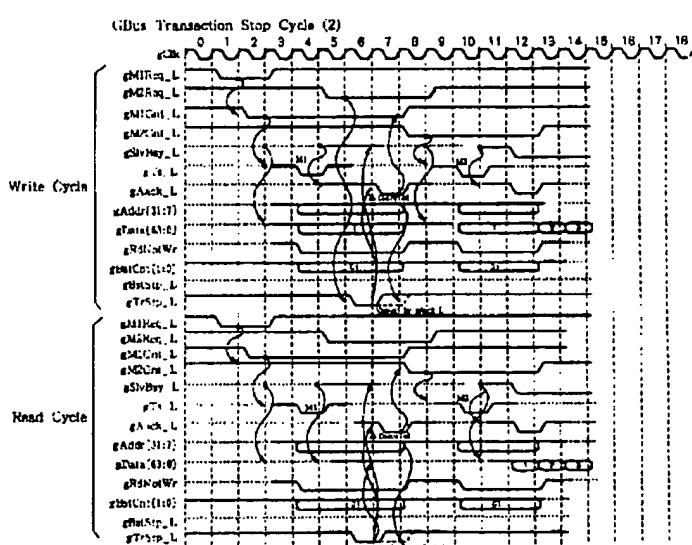
[図29]



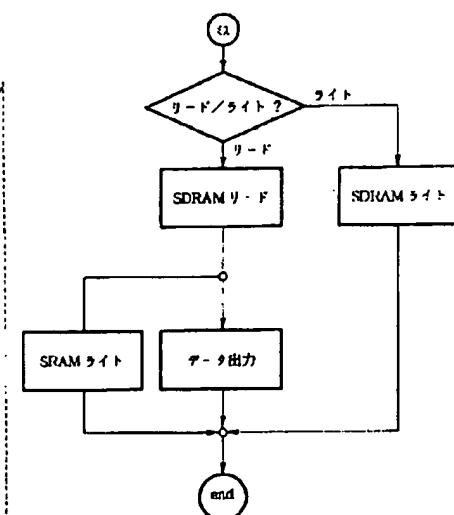
[図57]



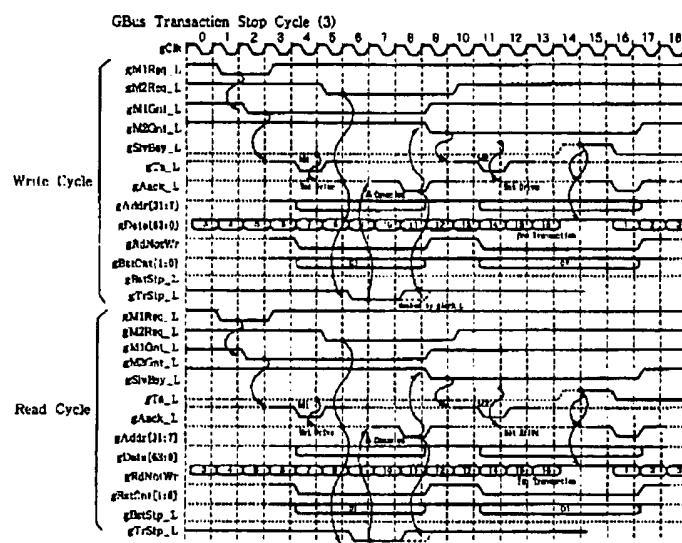
〔图30〕



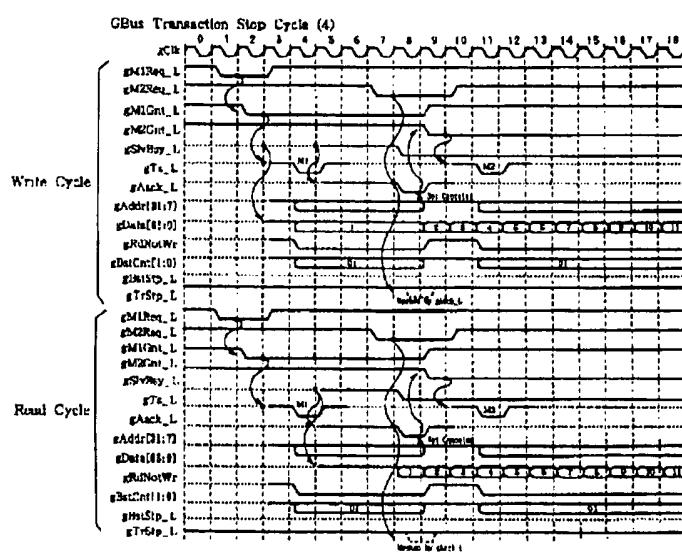
【図59】



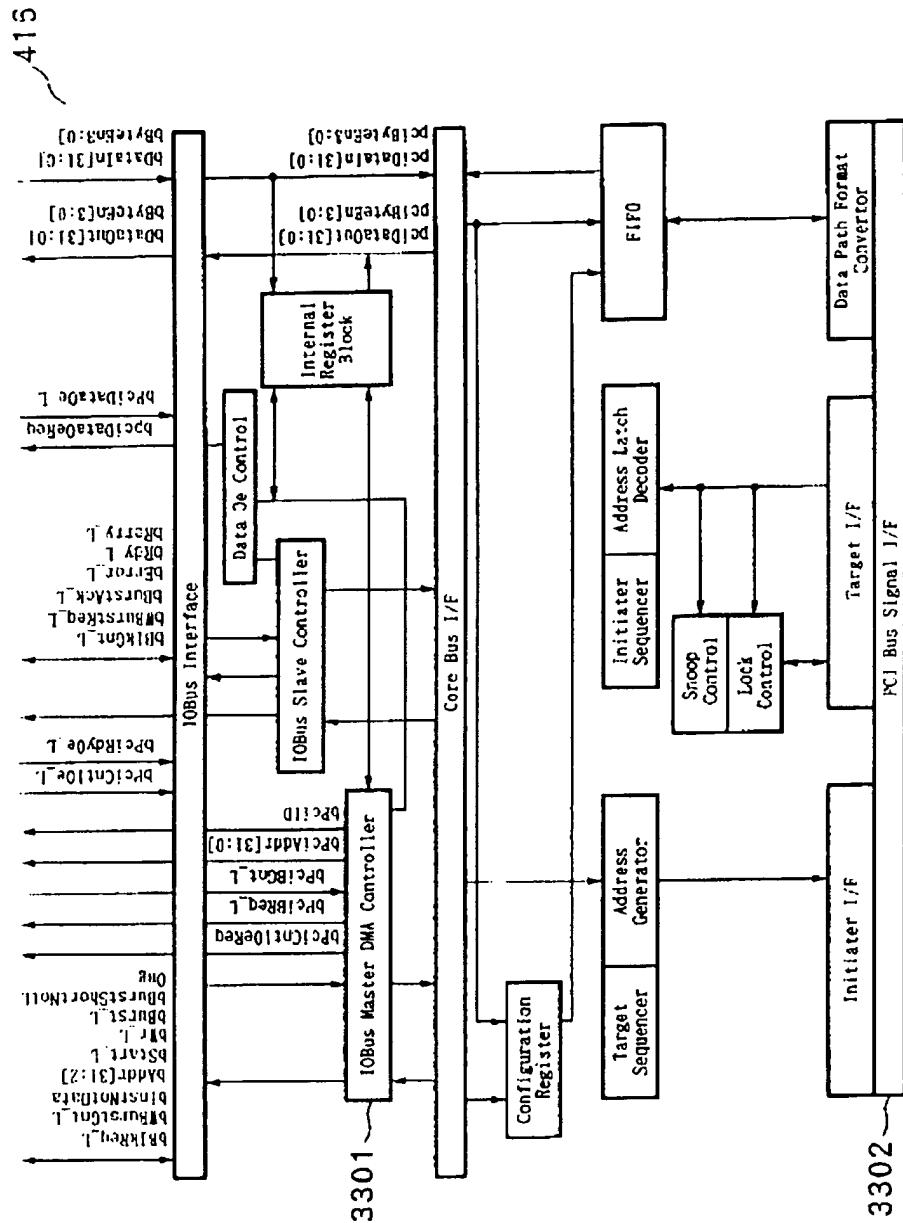
【図31】



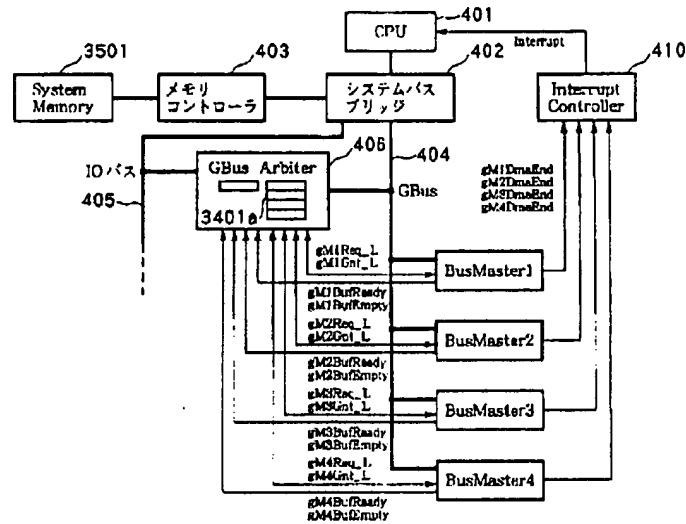
【図32】



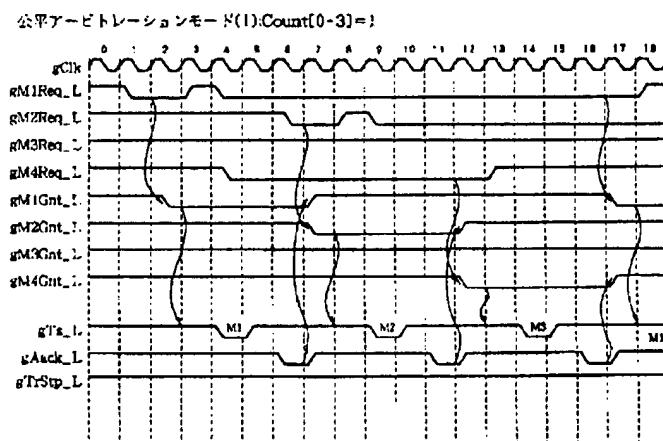
【図33】



【図35】

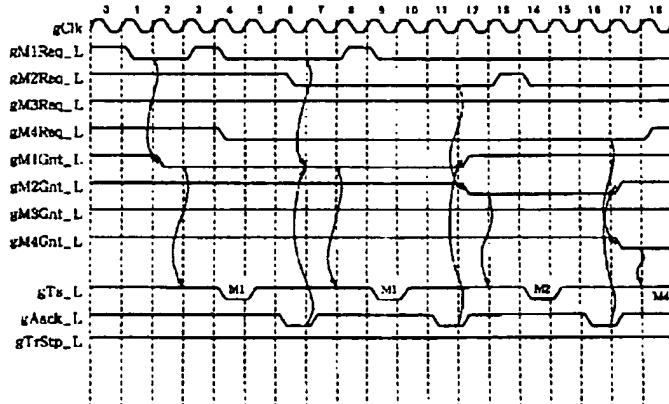


【図36】



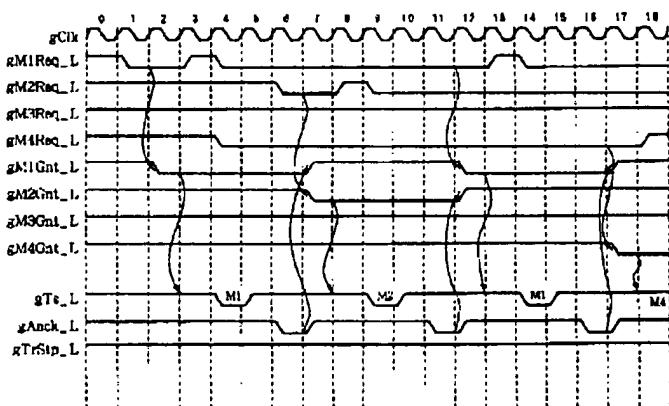
【図37】

公平アービトレイションモード(2):Count[0]=2,Count[1-3]=1



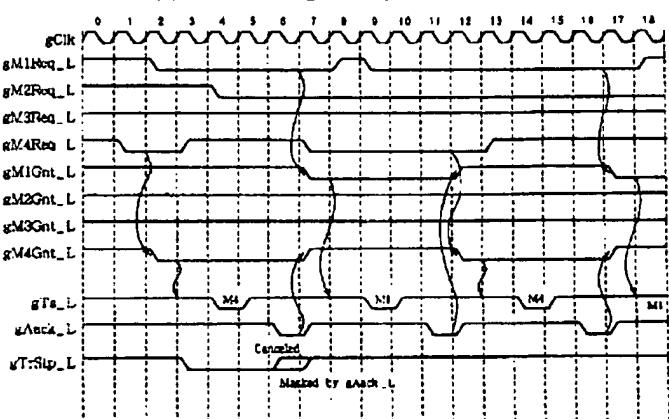
【図38】

優先アービトレイションモード(1):High Priority Bus Master=0,Count[0-3]=1

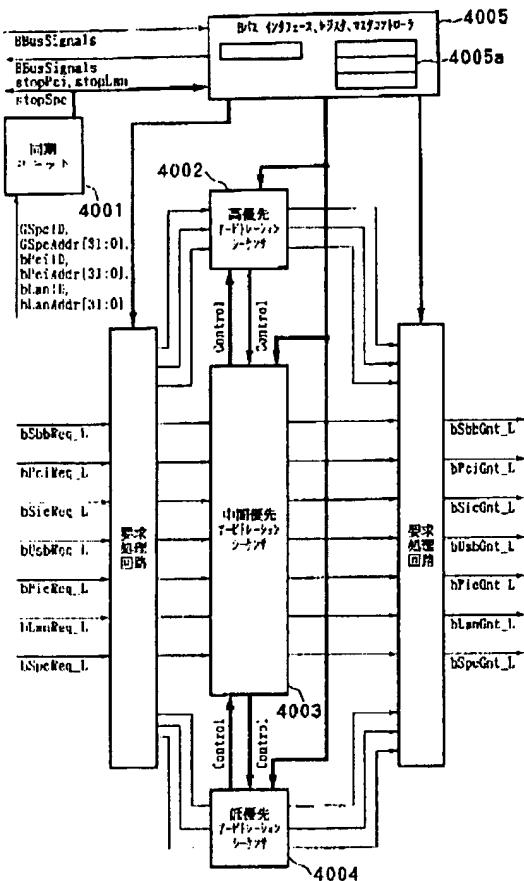


【図39】

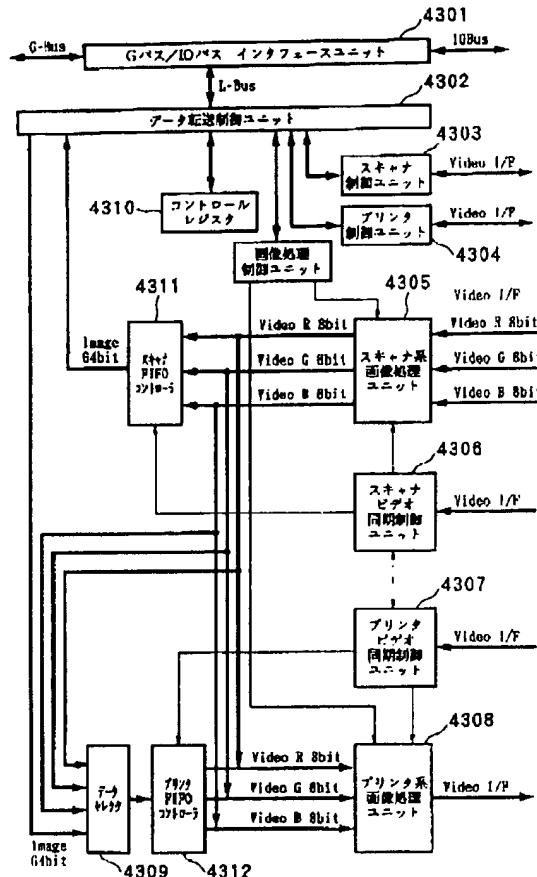
トランザクションストップサイクル(1):High Priority Bus Master=0



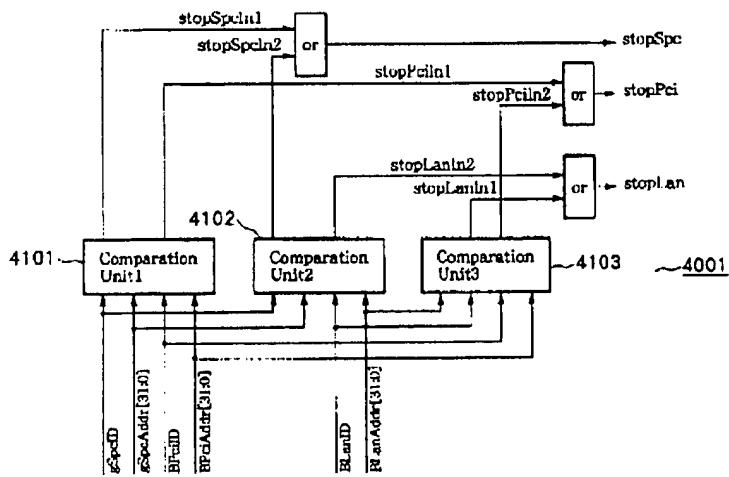
【図40】



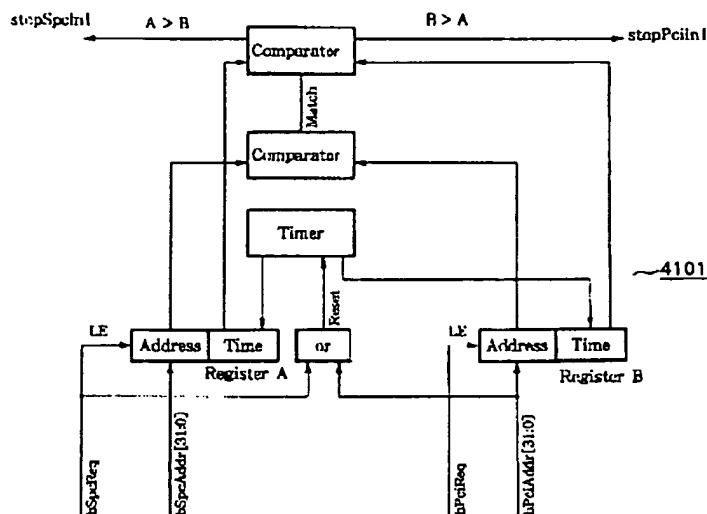
【図43】



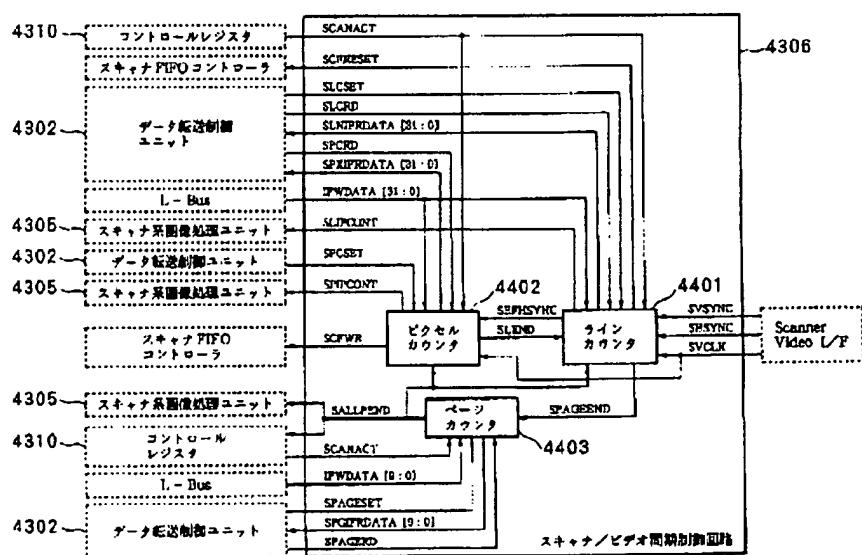
【図41】



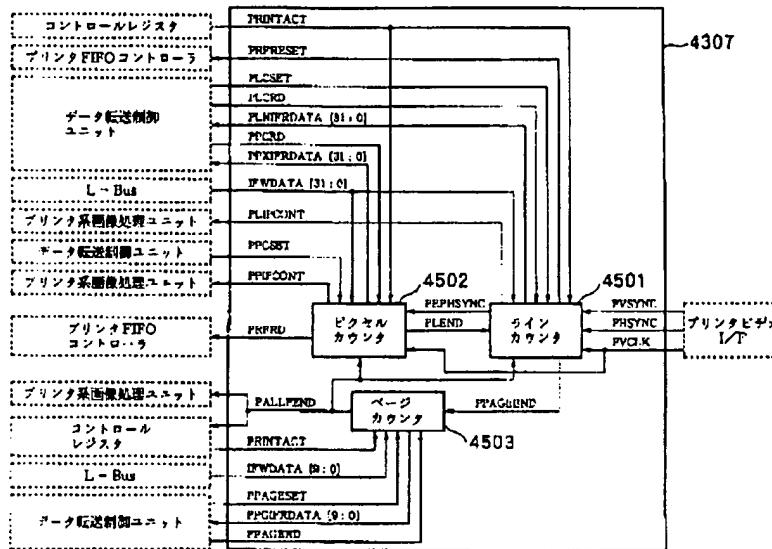
【図42】



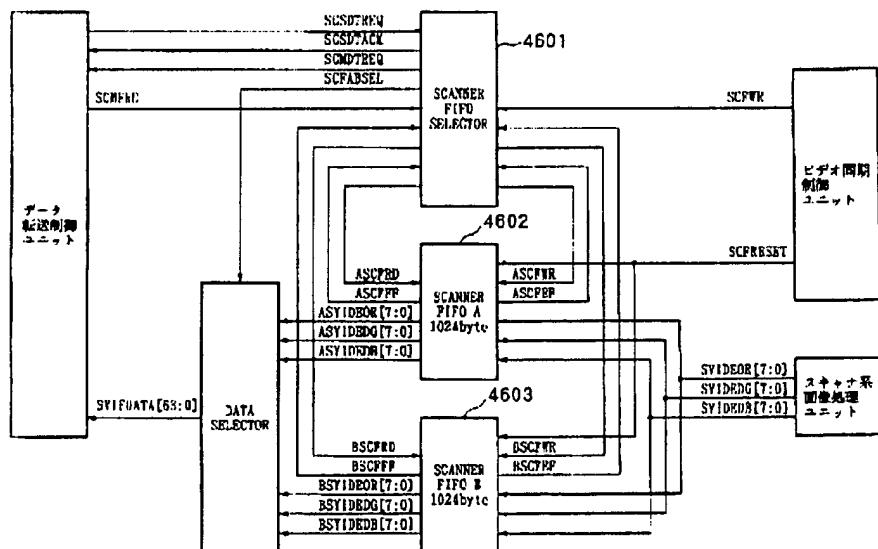
【図44】



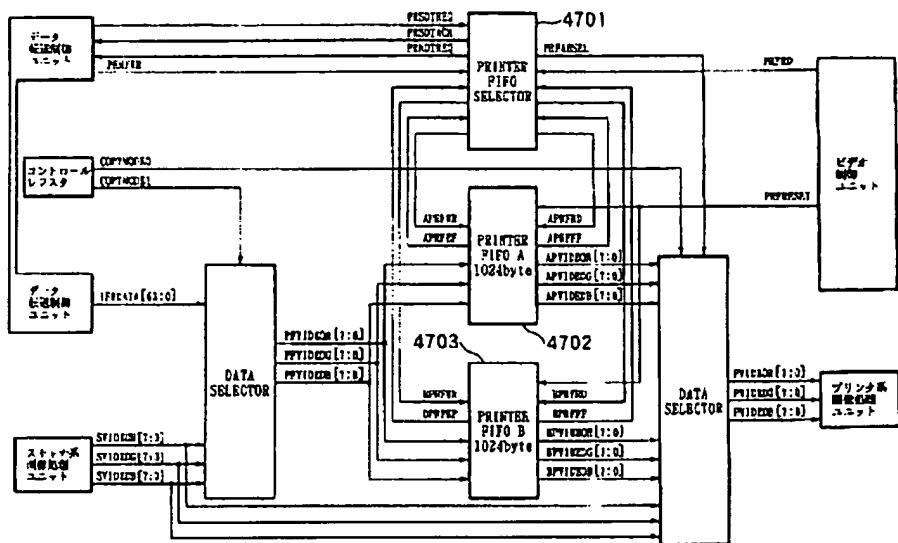
【図45】



【図46】

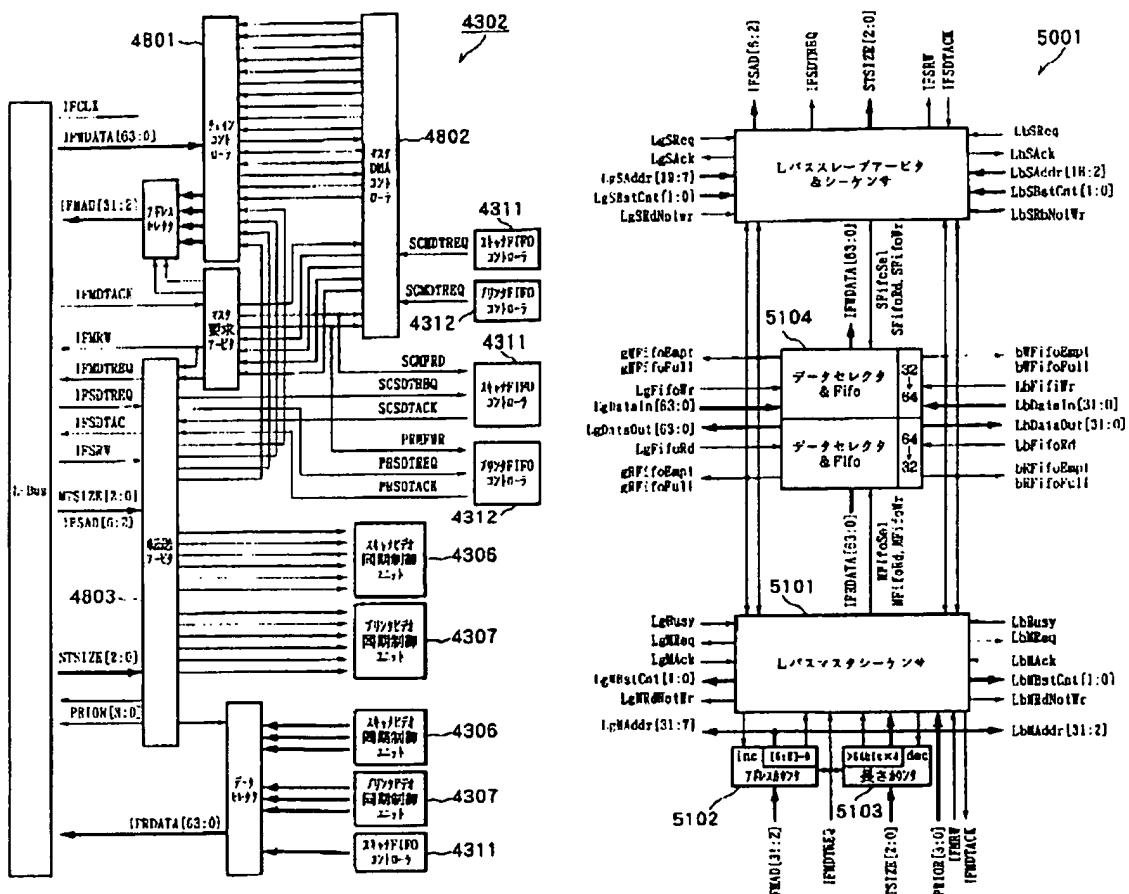


【図47】

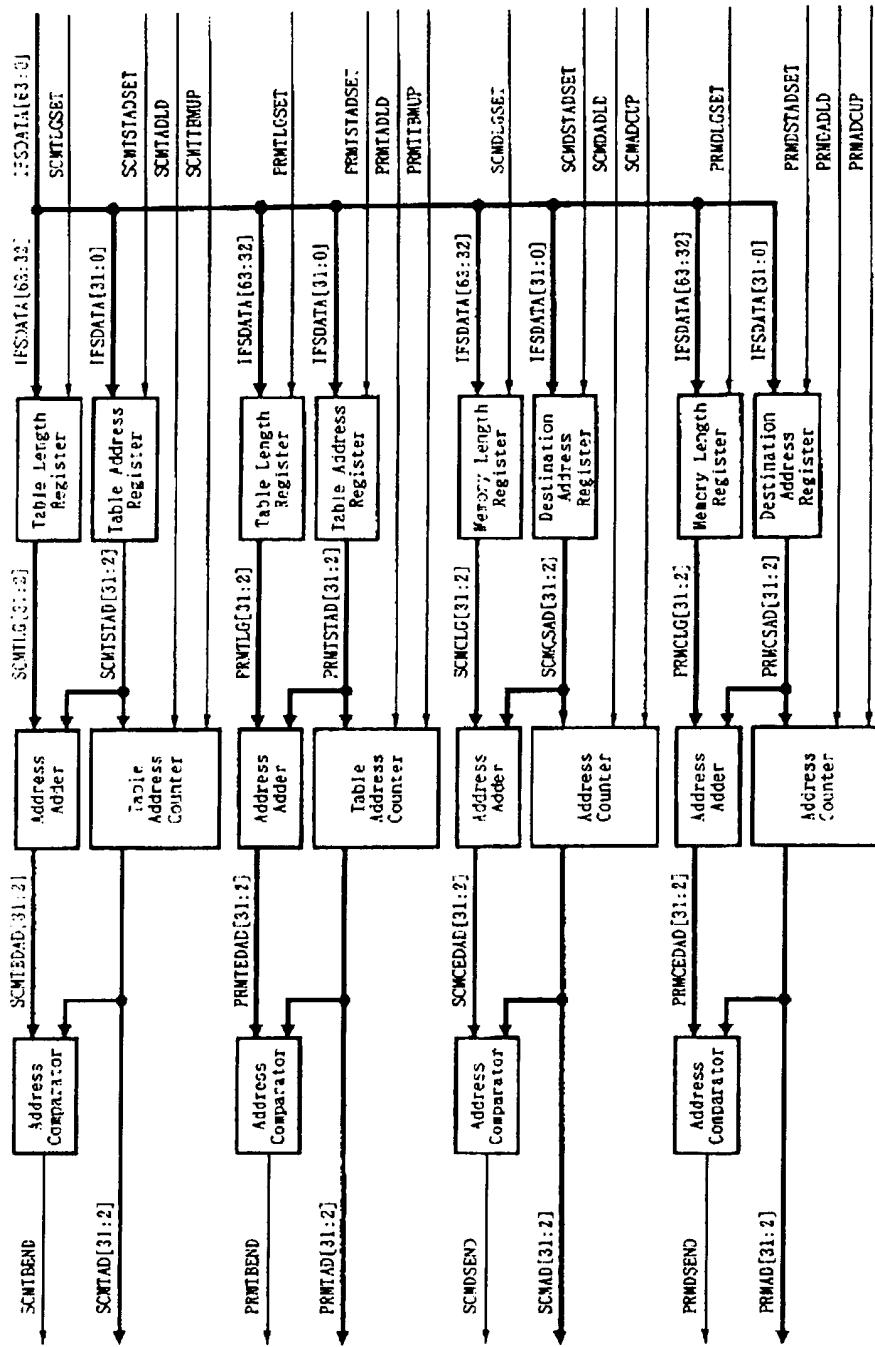


〔図48〕

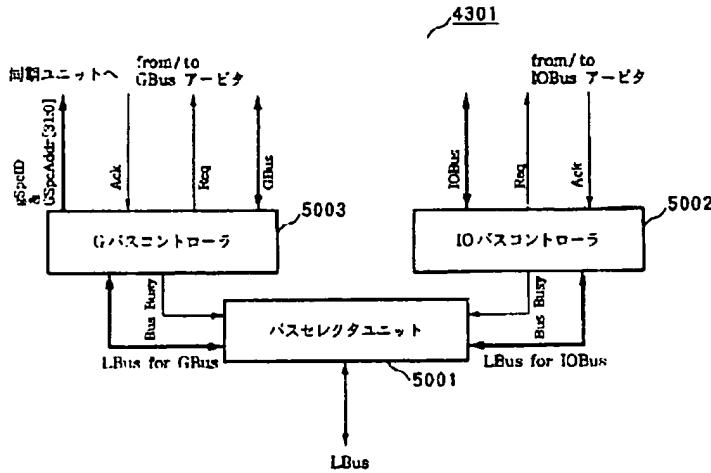
[图51]



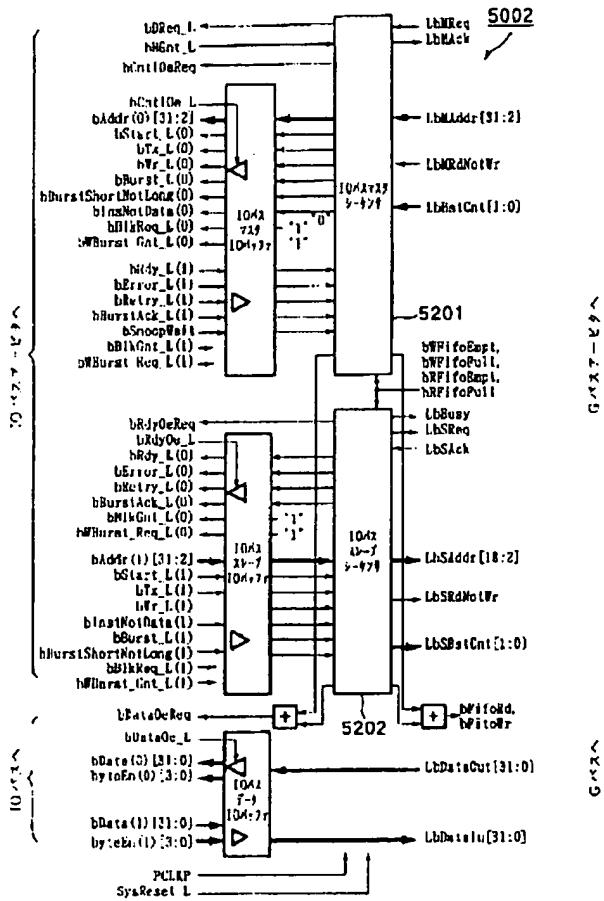
【図49】



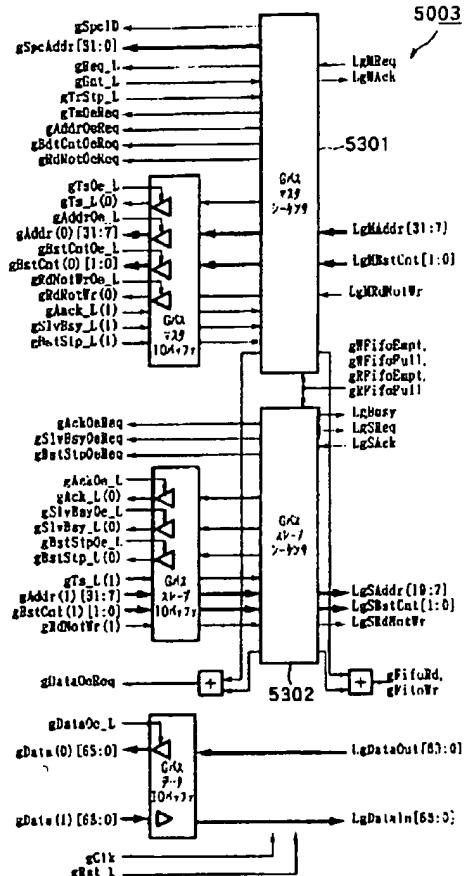
【図50】



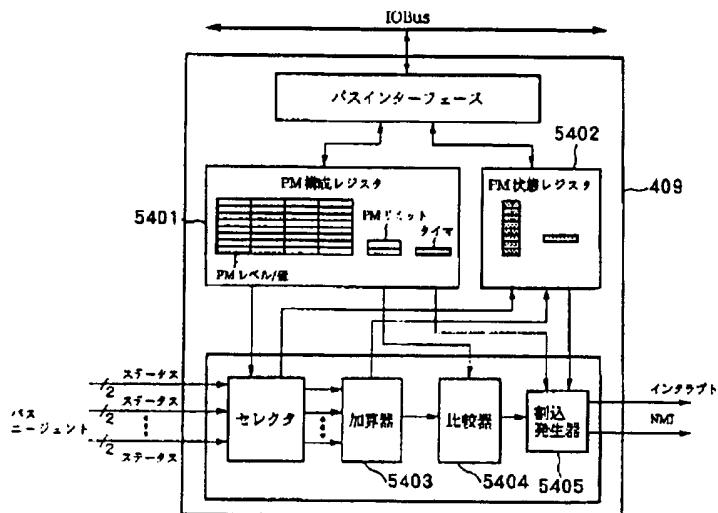
【図52】



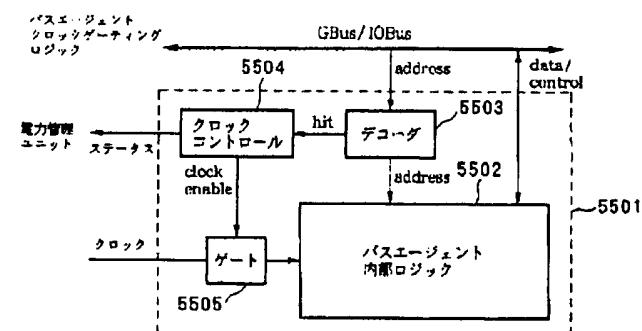
【図53】



【図54】

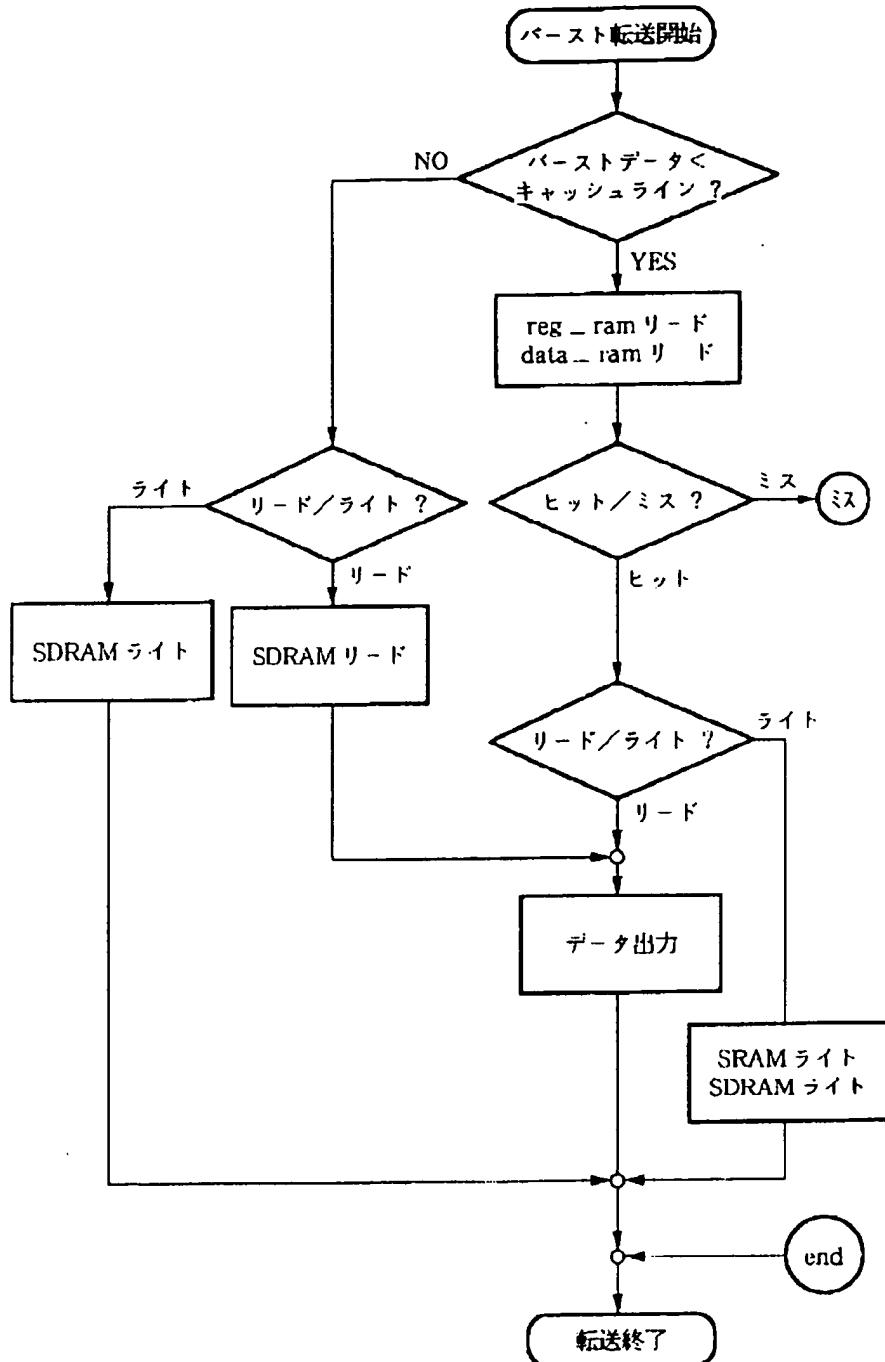


【図55】

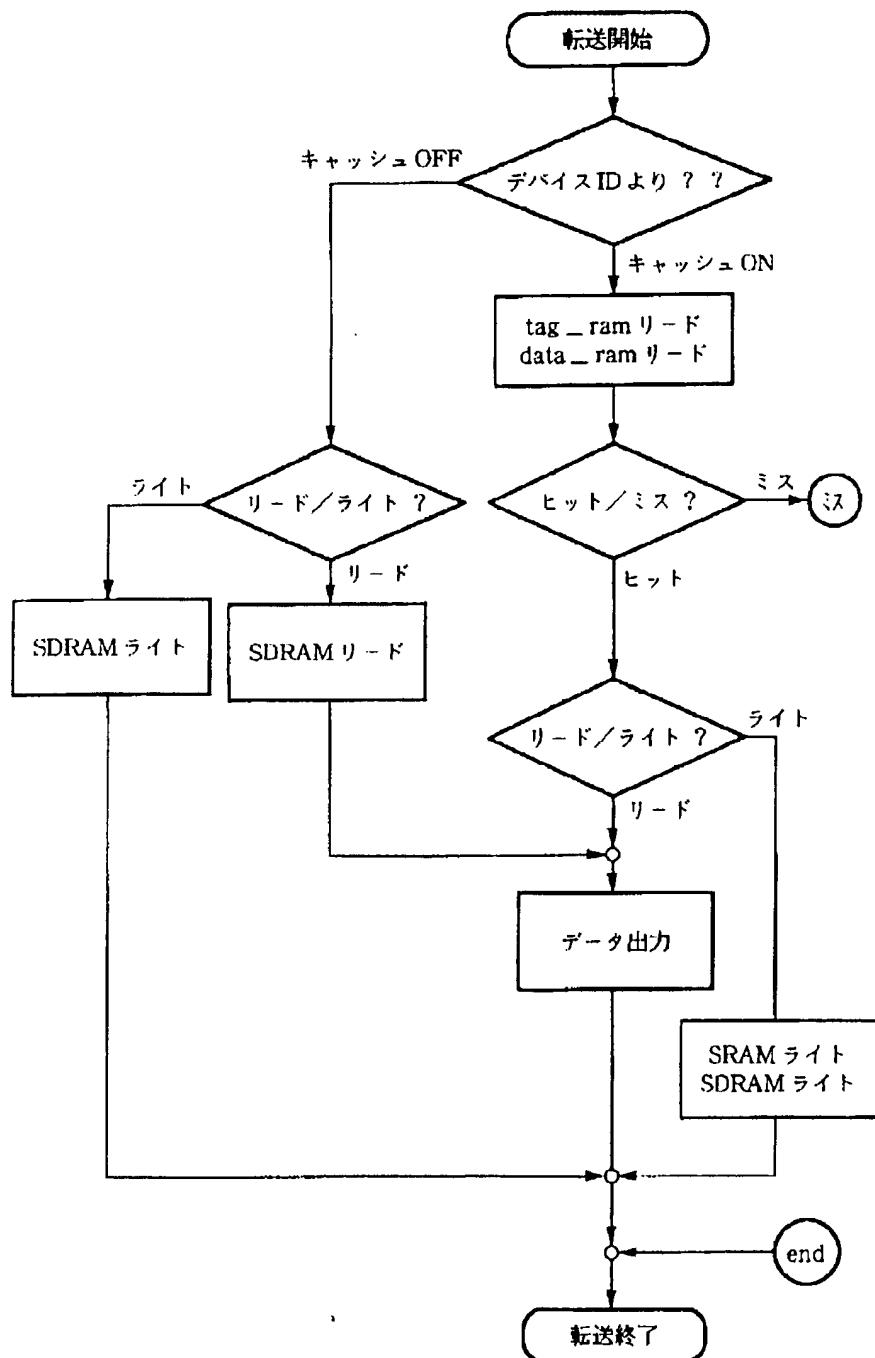


(クロックコントロール)
 - BusのAgentは、Busのアクティビティを検出し、クロックのOn/Offを自動で行なう。
 - Sleep, WakeUp, Waitの3つのスタートがある。
 - SleepはBusAgentにアクティビティがない、クロックを停止させている状態である。
 - Sleepの状態でも、デコーダー部、クロックコントロール部は動作しており、バスをモニタリングして、要求を待っている。
 - デコーダーが自分のアドレスを検出すると、クロックゲートを開き、内部ロジックのクロックを動作させ、バスの要求に答える。スタートはWakeUpに移行する。
 - データ転送が終了すると、Waitスタートに切り替わり、次の転送を待つ。この間クロックは動作したままである。要求があれば、WakeUpスタートに戻り、転送を行なう。また、要求を待っている間はタイマによりカウントを行ない、要求がないままカウントがタイムアップした場合は、Sleepスタートへ戻り、クロックを停止させる。

【図56】



【図58】



フロントページの続き

(72)発明者 横山 登
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 加藤 勝則
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)